NUOVO

DIZIONARIO UNIVERSALE

TECNOLOGICO

O DI ARTI E MESTIERI

LII.

NUOVO
DIZIONARIO UNIVERSALE
TECNOLOGICO
O DI ARTI E MESTIERI

E DELLA

ECONOMIA INDUSTRIALE E COMMERCIANTE

COMPILATO DAI SIGNORI

LENORMAND, PAYEN, MOLARD JEUNE, LAUGIER,
FRANCOEUR, ROBIQUET, DUFRESNOY, ECC., ECC.

Prima Traduzione Italiana

Fatta da una società di dotti e d'artisti, con l'aggiunta della spiegazione di tutte le voci proprie delle arti e dei mestieri italiani, di molte correzioni, scoperte ed invenzioni, estratte dalle migliori opere pubblicate recentemente su queste materie; con in fine un nuovo Vocabolario francese dei termini di arti e mestieri corrispondenti con la lingua italiana e coi principali dialetti d'Italia.

OPERA INTERESSANTE AD OGNI CLASSE DI PERSONE, CORREDATA DI UN COPIOSO NUMERO DI TAVOLE IN RAME DEI DIVERSI UTENSILI, APPARATI, STROMENTI, MACCHINE ED OFFICINE.

TOMO LIII.

VENEZIA
NELL'I. R. PRIVILEGIATO STABILIMENTO NAZIONALE
DI GIUSEPPE ANTONELLI
1854.

SUPPLEMENTO

AL

NUOVO DIZIONARIO UNIVERSALE

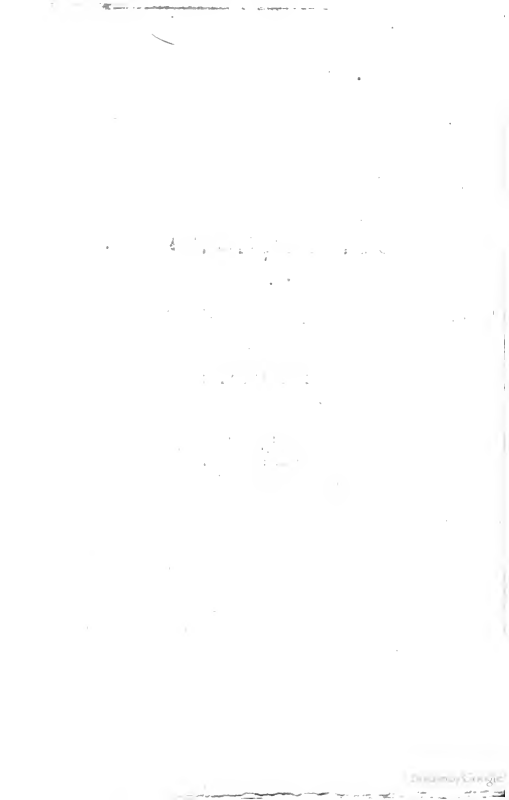
TECNOLOGICO

O DI ARTI E MESTIERI

Compilato

dalle migliori opere di scienze e d'arti pubblicatesi negli ultimi tempi, e particolarmente da quelle di Berzelio, Dumas, Chevreul, Gay-Lussac, Hachette, Clement, Borgnis, Tredgold, Buchanan, Rees; dal Dizionario di Storia naturale, da quello dell'Industria, ecc., ecc., ed esteso a ciò che più particolarmente può riguardare l'Italia.

SUPPLEMENTO

AL

NUOVO DIZIONARIO UNIVERSALE

TECNOLOGICO

O DI ARTI E MESTIERI, ecc.

STRADA *acciottolata, strada selciata*. Chiamasi quella che è pavimentata di ciottoli, ossiano sassi tondeggianti, perchè lungamente otolati dalle acque. (*Ved.* l'articolo SORVEGLIANTE nel Tomo L di questo Supplemento, a pagine 185 e seguenti.)

(F. F.)

STRADA *ammattonata*. Dicesi quella il cui pavimento, in tutto o in parte, è di mattoni messi per coltello.

(CARENA.)

STRADA *battuta, calcata, calpestata, calpesta*. Dicesi quella che è frequentata, in cui suol passare di molta gente.

(CARENA.)

STRADA *comunale*. Quella che è mantenuta a spese del Comune o Municipio.

(CARENA.)

STRADA *coperta*. Quel tratto di terreno di una grandezza sufficiente ad esercitarvi le difese del solo moschetto, od anche quelle della piccola artiglieria, il quale gira intorno al fosso della fortezza dalla parte della campagna, coperto da un parapetto che si congiunge allo spalto. V' hanno talvolta attorno delle grandi fortezze due strade coperte, ed in questo caso quella che è più vicina alla campagna chiamasi *Antistrada* o *Controstrada coperta*.

(GR.)

STRADA *di prima classe*, che in alcuni luoghi è anche detta *strada regia, strada postale*. È quella che mette a certi punti principali dello Stato, e mena anche fuori di esso, ed è mantenuta dal pubblico erario.

(CARENA.)

STRADA *fuor di mano*. Per una specie di traslato, dicesi di strada in luogo solingo e poco frequentata, o che troppo indirettamente conduce a un determinato luogo.

(CARENA.)

STRADA *lastricata*. Cioè coperta di lastre di pietra commesse in piano, per maggiore comodità del camminare e per maggiore pulitezza della strada medesima.

(CARENA.)

STRADA *maestra, Strada principale.* Chiamasi quella che è la maggiore in città, o altrove.

(CARENA.)

STRADA *postale. Ved.* STRADA DI PRIMA CLASSE.

STRADA *principale. Ved.* STRADA MAESTRA.

STRADA *provinciale.* Quella che è mantenuta a spese della provincia.

(CARENA.)

STRADA *regia. Ved.* STRADA DI PRIMA CLASSE.

STRADA *scorciatoia*, e anche semplicemente *Scorciatoia.* È una via traversa che abbrevia il cammino.

(CARENA.)

STRADA *selciata. Ved.* STRADA ACCIOTTOLATA.

STRADA *sterrata.* Quella cui sia tolto l'acciottolato, il lastrico, l'ammattonato.

(CARENA.)

STRADA *traversa.* Dicesi di quella che si dirama dalla via maestra e mette altrove. (CARENA.)

STRADA *vicinale.* Quella che mette a particolari poderi di varii privati, e suol essere fatta e mantenuta a loro spese.

(CARENA.)

STRADE. La costruzione delle strade ha per iscopo di sminuire, per quanto è possibile, la resistenza delle vetture che le percorrono, resistenza causata tanto dal girare delle ruote sul terreno, come dalla depressione del suolo prodotta dalle ruote medesime, dove quello non sia abbastanza solido; quanto, finalmente, dalla stessa loro gravità, dove abbianvi delle notabili pendenze da superare.

Per costruire una strada devesi dunque anzi a tutto avere in mira: 1.° La sua direzione e il tracciato; 2.° Devesi determinare il suo profilo nel senso della lunghezza; 3.° In quello della larghezza; 4.° Badare al modo di eseguire i movimenti di terra per la costruzione dei terrapieni.

Toccheremo di tutti questi argomenti separatamente.

Della direzione.

Intendesi per direzione la indicazione dei principali punti pei quali la strada deve passare, o quella linea che deve, per così dire, legarli insieme. D'ordinario, la pubblica amministrazione ne determina essa medesima i due punti estremi, dietro le sue speciali considerazioni e vedute militari, o commerciali. Quando i punti da congiungersi sono separati da una catena di montagne, la direzione più vantaggiosa da seguirsi non è il più spesso la linea retta, e quindi la direzione generale della strada diventa un quesito difficile da risolversi. Giova in questo caso il determinare anzi a tutto il punto più basso della catena: lo che si ottiene colla ispezione oculare dei siti. Usando il sistema delle livellazioni si perderebbe troppo tempo, e spesso senza arrivare ad un risultamento sicuro. Si ebbe ricorso quindi da poco ad un altro spediente, ed il sig. Brisson ha risoluto il problema fondandosi sopra alcune considerazioni della geografia fisica.

Le ricerche di questo celebre ingegnere lo hanno condotto in fatti a riconoscere che esiste una relazione tra gli accidenti delle montagne ed il corso delle acque o i *thalwegs* (1).

Egli parte dall'osservazione della concordanza delle pendenze delle montagne e dei thalwegs, o del corso delle acque che vi scorrono sopra, per determinare il punto più basso di una catena di montagne. E si comprende invero facilmente

(1) Talweg significa la strada che mette alla vallata.

come con una carta ben disegnata, tale come quella del deposito della guerra in Francia, o dei fogli del Cassini, per le relazioni che esistono appunto fra i thalwegs che servono di letto ai ruscelli, alle riviere, ai fiumi, e che ivi si trovano riferiti esattamente, si possa prevedere *a priori* la posizione dei punti più bassi delle catene delle montagne, che separano due bacini consecutivi.

Per la qual cosa, ammesso che le pendenze delle vette e dei thalwegs sieno sempre situate nel medesimo senso:

1.° Una vetta principale, raffrontata a molte vette secondarie, darà un *maximum* assoluto come punto di confronto.

2.° Due thalwegs raffrontati a una vetta daranno un *minimum* relativo.

3.° Se due thalwegs paralleli divergono in senso contrario, devesi trovare un *minimum* prolungando la direzione dei thalwegs fino alla vetta.

4.° Due thalwegs in senso contrario e paralleli, presentano sempre sulla vetta un punto minimo nell'intervallo che separa le due sorgenti.

Si può adunque con l'aiuto di queste considerazioni stabilire il punto più basso di una catena di montagne; ed è generalmente questo punto che determina la direzione della strada, a fine di non dover montare per ridiscendere, ed anche allo scopo di diminuire la spesa; imperciocchè l'innalzarsi aumenta sempre la sviluppata del tracciato.

Quando la direzione generale di una linea è così determinata dalle considerazioni d'amministrazione e di geografia fisica, si passa a stabilire i punti intermediarii: lo che costituisce il tracciato.

Del tracciato.

Il tracciato delle vie di grande comunicazione deve essere considerato relativamente alla loro singola condizione, cioè rispetto ai paesi di pianura o di montagna. Nel primo caso, esso praticasi per solito in linea retta od almeno non si suole allontanarsi da quella linea che per ragioni straniere all'arte; nel secondo, al contrario, quasi ogni condizione è prescritta, ed il talento del costruttore consiste nel trarre il miglior partito possibile dalla forma del terreno.

Nello studiare un tracciato, non si deve mai perdere di vista le condizioni ch'esso deve soddisfare, vale a dire: di avere delle pendenze dolci; di ridurre al *minimum* la somma delle altezze da superarsi; di esser solido, poco dispendioso ed il più breve possibile. Non si avrà compiutamente risoluto il problema, quando non si abbia soddisfatto a tutte queste condizioni.

Gli è sempre facile ottenere delle pendenze e delle rampe che non oltrepassino il limite determinato; imperciocchè ciò non dipende che dalla maggiore o minore sviluppata dell'asse. Puossi egualmente evitare in qualunque circostanza movimenti di terra molto considerevoli, limitandosi a seguire le ondulazioni del terreno. Ma qualora abbiasi determinato una prima linea che soddisfi a queste condizioni, bisogna, prima di adottarla definitivamente, assicurarsi che non ne esista un'altra, la quale, presentando i medesimi vantaggi, non fosse ancora più corta, meno dispendiosa, e non presentasse un minor numero d'altezze da vincersi. Gli è un errore assai grave quello di ripetere dai motori una quantità di azione considerevole per far superare ai ruotabili una pendenza, che si avrebbe potuto evitare senza allungare notabilmente il cammino. Non considerando che questa quantità d'azione, la cui misura è il prodotto del peso per l'altezza cui esso s'innalza, si arriverebbe a questa conseguenza: che

sopra una buona strada si potrebbe allungare con vantaggio il cammino orizzontale d'un quindici a un venti volte almeno l' altezza che si evita di superare.

Avviene qualche volta che si può in fatti sostituire una strada orizzontale ad una rampa seguita immediatamente da una pendenza. La cifra che precede è allora uno degli elementi che devono servire a fissar l' opinione dell' ingegnere. Ma quando ciò non è, e che si sia obbligati ad elevarsi ad una certa altezza, per esempio, da una vallata ad una sommità, non conviene allora allungar troppo il cammino allo scopo di ottenere delle pendenze dolci. Se il trasporto avesse luogo per via di motori inanimati da cui potesse ripetersi a talento uno sviluppo di forze sufficiente a vincere tutti gli accidenti della via, il miglior tracciato sarebbe al certo il più breve, qualunque si fossero le rampe. Ma l'uso dei cavalli, o delle bestie da soma, impone di abbandonare questo tracciato, abbenchè esso soddisfi alla condizione del *minimum* di quantità d'azione, per adottarne un più lungo che ne domanda di più; imperciocchè esso deve innalzarsi alla medesima altezza con una sviluppata maggiore. Non basta più di ottenere il minimo del lavoro, bisogna anche rendere questo lavoro possibile; e bisogna ch' esso possa effettuarsi in tutte le stagioni e senza pericolo. Ora i cavalli non possono in fatti, senza una fatica estrema, fornire un eccesso di lavoro oltre al solito; dunque non è che di questo piccolo eccesso che si può approfittare per far loro superar le salite. Di qua una prima condizione da soddisfare: che quelle non sieno troppo lunghe, altrimenti l'eccezione diverrebbe la regola, ed i carichi, in luogo di essere proporzionati ai ruotabili sulla pianura, o alle dolci pendenze, lo sarebbero per lunghi tratti, e di grande inclinazione. Bisogna quindi che la rampa non oltrepassi un certo limite, che dipende precisamente dall' eccesso del lavoro che possono fornire i cavalli per qualche tempo, senza spossarsi; lo che non è facile determinare. Ma qualora si ammetta che i cavalli possano raddoppiare per qualche tempo la quantità d' azione fornita nei primi tratti della via, e dove si supponga inoltre che la velocità su queste ultime sia di 1/20 del peso trasportato, si concluderà che il limite superiore della inclinazione delle rampe dev' essere egualmente di 1/20, o di met. 0,05 per metro; imperciocchè sopra di una tal rampa la porzione, o componente del peso tradotto, che si aggiungerà ai ruotabili, risultante dagli attriti, sarà di 1/20, e l'attiraglio definitivo diverrà 2/20, od 1/10: lo che si accorda coll' ipotesi posta intorno allo sviluppo addizionale delle forze di cui sono suscettibili i cavalli.

Ma dove si ammetta che l' attiraglio in pianura, in luogo di essere di 1/20 del peso non ecceda 1/40 (diminuzione che giustifica il miglioramento generale degli argini introdotto in questi ultimi anni), allora si deve far subire alla inclinazione delle rampe un cangiamento corrispondente, e ridurlo ad un quarantesimo, od a met. 0,025 per metro. Nulla di meno, come una grande diminuzione nel trascinamento non permetterebbe all' industria dei trasporti di aumentare i carichi nella medesima proporzione, per ragioni parecchie, forse non conviene andare incontro alle spese considerevoli che domanderebbe un tale abbassamento nel limite della inclinazione delle rampe; ma resta sempre vero che questo limite dovrebbe diminuirsi nello stesso tempo delle condotte. Un *maximum* di un trentesimo pare in fine il termine opportuno di concordanza fra la inclinazione e la forza di trazione.

Sotto il punto di vista dell' utilità, il tracciato di una strada di grande movimento non deve esser soggetto alle medesime regole di quello di una strada regia; la differenza che deve esistere fra queste due specie è basata sul loro scopo. Le strade regie, contemplando di facilitare per quanto sia possibile il trasporto di una gran massa di mercanzie, o di un gran numero di passeggeri fra due città considerevoli, devono, seguire in generale la direzione più breve, a meno che ragioni importanti non lo impediscano. Le strade di grande comunicazione devono, al contrario, servire ai trasporti dei prodotti della terra per altre città vicine; devono plegarsi verso i luoghi dove esistono i magazzini di questi prodotti, ed abbandonare la linea retta per motivi assai meno gravi che non lo farebbero le strade regie.

Prima però di entrare in più minuti particolari intorno al tracciato, ci crediamo in dovere di dare alcune definizioni preliminari, che reputiamo necessarie a ben comprendere ciò che saremo per dire in seguito.

Asse o linea direttrice.

Chiamasi asse o linea direttrice di una via, quella retta o curva tracciata sul terreno, che passa per tutti i punti mediani dei profili trasversali.

Se da tutti i punti dell' asse si abbassano delle perpendicolari sopra un piano orizzontale qualunque, il piede di queste linee determina su questo piano un altro asse, che chiamasi *projezione* od *allineamento* della direttrice sul piano orizzontale. Quando si riporta sulla pianta dei luoghi l' asse tracciato sopra il terreno, si ottiene la sua *projezione*. Le parti in linea retta di questa projezione

prendono il nome d' *allineamenti retti*; quelle di una linea curva, d'*allineamenti curvi*.

Le parti di una strada che non sono orizzontali, sono o pendenze, o rampe, vale a dire i piani declivi diconsi *pendenze*, gli acclivi *rampe*.

Una rampa, che succede immediatamente ad una pendenza, chiamansi *contro-pendenza*, ed una pendenza, che succede a una rampa, *contro-rampa*. Nel primo caso, avviene una piegatura incavata, nel secondo un canto-vivo. Si arrotondano l'una e l'altro con una curva, la prima concava, la seconda convessa.

La piegatura incavata, formata dal passaggio d' una pendenza a una rampa, ricevendo le acque pluviali che colano lungo la via in tanto maggiore abbondanza, quanto più la pendenza e le rampe sono lunghe e pronunciate, diventa ordinariamente necessario il consolidare la strada in questa parte, con un'opera d'arte, che consiste per lo più in un lastrico sopra tutta la sua larghezza.

Le pendenze e le rampe sono più o meno forti. Misurasi la loro inclinazione dalla quantità di cui si elevano al di sopra dell' orizzontale per un metro di lunghezza. Così si dirà che la rampa A C (Tav. XLII, *Arti del calcolo*, fig. 1) è di cinque centimetri, se la verticale innalzata da un punto preso ad un metro da A fino ad A C abbia cinque centimetri di lunghezza. Si avrà l' inclinazione per metro di una rampa A C dividendo C B per A B.

C B essendo la differenza dell' altezza dei punti A' e C', si può elevarsi dal primo al secondo punto con una rampa rettilinea tale come A C la cui inclinazione è $\frac{C\ B}{A\ B}$, o per una rampa che affetta in piano due direzioni, tali come A' D,

e C' D, ed allora l'incliuazione della rampa A' D C' è $\frac{C B}{A' D + D C'}$; e come A' D + D C' è più grande di A B, o A' C', ne risulta che prulungando le rampe si diminuisce la loro inclinazione.

Quando fra i due punti che si vogliono unire con una strada, non s'incontrano montagne o colline che offrano inclinazioni troppo forti, il tracciato deve farsi in linea retta; se alcune circostanze locali vi si oppongono, si deve scostarsene il meno possibile, e sempre avendo cura che gli allineamenti si dirigano verso il punto cui si vuole arrivare. Tuttavolta non si devono mai fare dei grandi sagrifizii perchè una strada si trovi precisamente in linea retta fra i punti estremi, e si può quasi sempre, senza prolungare notabilmente il cammino, trasportarla a destra od a sinistra della direzione rettilinea. La sola cura che si deve avere in questo caso la è quella che i diversi allineamenti facciano con questa prima direzione gli angoli i più piccoli possibili.

Quando il terreno presenta delle colline le quali abbiano un forte declivio, devesi, prima di studiare il tracciato, determinare la più forte inclinazione che si vuole ammettere per le pendenze e per le rampe. E, prima di ogni studio grafico, si deve percorrere il terreno che divide i punti da congiungersi, esaminare con attenzione tutti i principali accidenti ch'esso presenta tanto nell' andata come nel ritorno; imperciocchè l'aspetto si presenta molto diverso secondo il senso nel quale si fa la via. Dopo questa prima ispezione sommaria, si è ordinariamente in caso di poter stabilire una certa zona longitudinale in cui devesi praticare la strada. Circoscrivesi così lo studio generale, e si procede alle operazioni grafiche.

Quando l' inclinazione di una collina nella direzione della strada oltrepasserà il limite massimo, non vi sarà altra alternativa che di mutare il tracciato, o di abbassare la cima della collina stessa, e di rialzarne il piede colle terre provenienti dallo sbanco. Il primo spediente è più economico, e deve generalmente essere preferito.

Supponiamo che C C e PP (fig. 2) rappresentino la cresta ed il piede della collina da superarsi, o piuttosto che queste linee determinino lo spazio, dove il terreno, seguendo la direzione D D' dei punti di partenza e di arrivo, ha una inclinazione superiore al limite fissato; arrivati al punto A, l'asse dovrà deviare in modo da dare alla discesa un maggiore sviluppo, mentre abbiamo veduto che questo è il mezzo di diminuire l' inclinazione; ed allora il tracciato seguirà gli allineamenti D A, A B, B D'. Chiamando H la differenza d'altezza dal punto A al di sopra del punto C, si otterrà la lunghezza dell'allineamento A B, dividendo la differenza H per la quantità esprimente l' inclinazione adottata, per 0,05 per esempio. Ottenuta una volta questa lunghezza, si troverà ben presto la direzione da darsi ad essa, dietro alcuni sperimenti.

Quando il punto di partenza D e quello d'arrivo sono molto lontani dalle linee C C, e P P, si può star paghi della maniera indicata per superar la collina; ma quando essi sono vicini, questa soluzione darebbe il più delle volte un cattivo tracciato.

In fatti, nel caso della fig. 3, per es., la direzione D A' B' D' sarebbe più corta di D A B D', mentre A' B' è eguale ad A B, e le linee D A' e D' B' sono respettivamente più piccole di D A e D' B, perchè più vicine alla perpendicolare delle ultime. Può dunque tornare importante, nel caso contemplato, di cercare la

direzione da darsi alle linee D A, A B, B D' per ottenere il tragitto più corto possibile.

Osserviamo anzi a tutto che se noi supponiamo le linee C C e PP parallele, lo che è generalmente vero, la linea A B, che forma una delle tre porzioni della strada, ha una lunghezza determinata, e questa non può esser spostata che parallelamente a sè stessa; la qual cosa permette tuttavolta di far variare le due altre porzioni D A e D' B. Ora gli è evidente che il più piccolo valore che possa avere cadauna d' esse è eguale alle perpendicolari abbassate dai punti D e D' sopra C C e P P; se congiungendo i punti A'' B'' la linea A'' B'' si trovasse essere eguale ad A B, la direzione D A'' B'' D' sarebbe dunque il tragitto più corto necessariamente. Se la linea A'' B'' è più piccola della A B, si potrà col mezzo di una piccola curva darle lo sviluppo necessario, perchè la pendenza non abbia una inclinazione troppo forte, o, lo che torna lo stesso, renderla eguale ad A B, ed i punti A'' B'' daranno ancora il tragitto più corto. Il solo caso in cui questi punti non indichino la soluzione del problema, è dunque quello in cui la linea A'' B'' è maggiore di A B; imperciocchè allora si vede facilmente che è possibile di trovare fra A' ed A'' un punto che con B' darà una direzione meno lunga di D A'' B'' D'.

Noi non ci proponiamo di risolvere il problema fuorchè rispetto agli allineamenti, vale a dire per la projezione dell' asse sul piano orizzontale, lo che si può enunciare nella maniera seguente:

La porzione del tragitto dal punto D al punto D' compresa fra le linee C C, P P dovendo avere una lunghezza determinata precedentemente, trovare la posizione dei punti A e B, che renderà la strada da D a D' la più corta possibile.

Per il punto D (fig. 4) si conduca una retta D E, eguale e parallela alla linea A B, data a *priori*. Si unisca il punto E al punto D'; pel punto B' si conduca B' A' eguale e parallela del pari ad A B o a D E, e si unisca in fine il punto A', dov' ella incontra C C col punto D. Abbiamo detto che la direzione D A' B' D' è la più corta possibile; in fatti risulta, dappoichè abbiamo condotto la linea A' B' eguale e parallela a D E, che la figura D E A' B' è un parallelogrammo, che D A' è eguale a B' E, la somma delle due linee D E, ed E D' è dunque eguale a quella di tre linee D A', A' B', B' D'; basta dunque di far vedere che D E + E D' è la strada più corta da D a D'. Ma poichè è imposta la condizione di seguire una linea D E, data in grandezza e direzione, egli è evidente che in tutte le combinazioni possibili questa porzione del tragitto non varierà, e non resta adunque che considerare il cammino da E a D, ed è del pari evidente che allora è la linea retta E D' che soddisfa alla condizione del *minimum*. Il cammino D E D' essendo il più corto, avviene per conseguenza lo stesso di D A' B' D' da cui non differisce che in ciò che le linee D E ed E B' sono trasportate parallelamente a sè stesse in A' B e D A'. La costruzione indicata darà dunque in tutti i casi il cammino più corto. Dove si osservi frattanto che nel tracciato delle vie le pendenze o rampe sono sempre assai deboli, si vedrà facilmente che il problema che veniamo di risolvere per la projezione dell' asse, applicasi anche al tracciato dell' asse stesso sopra il terreno, pel quale si potrà adottare la direzione D A'' D' B'.

Avviene di rado che una collina discendente non sia seguita, se non immediatamente, almeno dopo aver attraversato una stretta vallata, da un'altra collina

rampante; allora il problema diventa più complicato, e può annunciarsi come segue:

Tracciare il più breve cammino dal punto D al punto D' (fig. 5), supponendo questi due punti separati da una vallata le cui colline non possono essere superate nella direzione D D'.

Sieno A B ed M N la direzione e la lunghezza della pendenza e delle rampe che bisogna adottare, per non oltrepassare il limite superiore d' inclinazione. Conduciamo la linea D E parallela ed eguale ad A B, e quindi la linea F F parallela ed eguale a M N. Egli è manifesto, che se dal punto F conduciamo una retta D' F, il viaggio D E F D' sarà il più breve possibile; imperciocchè le direzioni A B ed M N sono obbligate; ma, senza cangiarne la lunghezza, noi possiamo trasportare parallelamente a sè stessa una qualunque delle linee che lo determinano; per esempio, la linea E F in G L, dal punto L condurre L B' parallela a F G, e dal punto B' condurre A' B' eguale e parallela a E B, ed unire il punto A' al punto D. È facile di vedere che la somma delle linee L B' e D A' è eguale a G F; di maniera che il cammino D A' B' L G D' è eguale a D E F D'; ma abbiamo detto che quest' ultimo è il più breve possibile; potrà quindi dirsi altrettanto dell'altro, che risolve il proposto problema.

Se vi fosse nella vallata un punto dato, p. es. un ponte, allora si dividerebbe il problema in altri due, de' quali abbiamo già data la soluzione.

Si dovrà fare attenzione di non mai applicare la soluzione che abbiamo data fuorchè a casi particolari, imperciocchè si riconoscerebbe falsa, dove, dopo la costruzione fatta, le linee D A' e D' B' (fig. 4) non si trovassero al di dentro delle perpendicolari abbassate dai punti di partenza e di arrivo sulle linee C C e P P; lo che indicherebbe che il caso entra nell' uno dei due pei quali si può adottare le perpendicolari medesime, e protrar la pendenza per mezzo di una piccola curva a forma di S.

È a notarsi che nel caso in cui la costruzione sopra indicata fosse applicabile (fig. 4), il tracciato nel quale si adottassero le linee D G e D' K e la curva a S G H J K, disposizione che, a primo tratto, parrebbe naturale, non si otterrebbe altrimenti il cammino più breve, imperciocchè la curva G H J K è eguale ad A B, e ciascuna delle linee D G e D' K è più grande della corrispondente D A' D' B'.

Indicheremo più tardi la maniera di trovare la direzione e la lunghezza della linea A B, o della rampa col mezzo del livello a pendulo.

Il metodo di vincere le altezze che abbiamo indicato fa vedere che le pendenze e le rampe avendo una lunghezza determinata dalla profondità delle vallate, la via tracciata dietro questo metodo può risultare molto più lunga di quello che dirigendosi in linea retta dal punto di partenza al punto di arrivo; ma vi è là un inconveniente che non si può ordinariamente evitare che a costo di grandi spese di costruzione, per rimuovere il terreno dall' alto delle colline e colmarne il piede. In ogni caso particolare, si dovrà paragonare le due direzioni, considerando che allungandosi il cammino si aumenta la spesa di costruzione e di manutenzione futura della strada selciata, o colmata, e si darà la preferenza a quella che presenterà più di economia e di vantaggio.

Quando le vallate non si estendono molto lontano a destra o a sinistra dalla linea retta che unisce i due punti estremi, può convenir meglio evitarle riportando

l'asse verso una delle estremità. Questa osservazione sarebbe principalmente applicabile al caso in cui la direzione rettilinea attraversasse un torrente, un basso fondo, o qualunque altro accidente del terreno. Hannovi eziandio altre circostanze nelle quali non è da esitare nel prendere questo partito, per esempio se i due punti estremi si trovino sul medesimo versante di una catena di montagne; la retta che andasse dal primo al secondo taglierebbe tutte le vallate principali, e questa direzione darebbe un tracciato ondulato da una estremità all'altra, molto faticoso pei ruotabili, poichè la somma delle altezze da vincersi componendosi di ogni altezza parziale di tutte le creste al di sopra dei *thalwegs* sarebbe assai grande. Inoltre, se le pendenze dei rami offrissero un declivio un poco forte, le sviluppate che prenderebbe la strada pei loro fianchi, per non oltrepassare il limite massimo dell'inelinazione, darebbero un cammino molto più lungo di quello che si potrebbe ordineriamente ottenere con un'altra direzione. In questa circostanza, uno studio profondo del terreno farà quasi sempre riconoscere che vi hanno altre posizioni più opportune a scegliersi per il tracciato oltre a quella indicata dalla linea retta. La prima sarà approssimativamente parallela alla sommità principale, e presso a poco all'altezza da cui prendono origine le creste; la seconda sarà quasi parallela al piede della catena; questa è generalmente assai bene indicata dalla linea di separazione dei campi e dei prati. Le scelta da farsi dipende da una folla di circostanze locali impossibili a determinarsi. Si dovrà prendere in considerazione la importanza dei borghi e dei villaggi che la strada attraverserebbe seguendo la prima o la seconda direzione.

Senza pregiudizio della questione, può

dirsi che in generale le vallate essendo molto più abitate degli altipiani, e possedendo un gran numero d'officine che mancano di mezzi di trasporto pei loro prodotti, il tracciato inferiore avrà più d'avvantaggio, pel commercio, del superiore.

Qualora, in luogo di trovarsi sul medesimo versante, i punti estremi sieno situati sui versanti opposti, si deve scegliere una gola per valicare la sommità, a fine d'innalzarsi il meno possibile, mentre si deve discendere dal lato opposto. Le gole corrispondono ordinariamente alla vallata principale, e sarà dunque sopra una delle pendenze di questa vallata che la rampa si svilupperà per alzarsi fino al punto del passaggio.

Si capisce che tutte le vallate possono non offrire la stessa facilità pel tracciato della strada. Alcune salgono subito sotto un'inclinazione assai dolce, e prendono in seguito, accostandosi alla sommità, una ripidezza assai forte, mentre alcune altre hanno una inclinazione più uniforme. Le ultime saranno dunque da preferirsi nel più gran numero dei casi. Ciò nondimeno prima di stabilire una scelta si dovrà assicurarsi che dopo aver valicato la gola non s'incontrerà alcun grave ostacolo per continuare il tracciato.

In questa circostanza, dove la strada s'innalza dal piede alla cima, si deve evitare con attenzione gli accidenti del terreno che facessero discendere l'asse, per farlo rimontare in seguito. Le rampe che si succedono possono essere stabilite sotto inclinazioni diverse, ma si deve averne un seguito non interrotto dal punto più basso fino al punto più alto. Quando le località lo permettano senza forti spese, saranno da preferirsi, per le prime rampe, le inclinazioni più forti; la decrescenza dello sforzo di trazione si accorderà così con quella della forza dei cavalli.

Quando si sarà obbligati, in paese montuoso, d'adottare il sistema delle curve ad S, si dovrà diminuire la inclinazione nei cambiamenti di direzione dei loro diversi rami, e stabilirvi, per quanto le località lo consentano, dei pianerottoli, dove i cavalli possano riposarsi senza pericolo.

Vedremo più tardi, quando avremo indicato i mezzi di calcolare i terrapianamenti necessarii per una strada, che la sua posizione più vantaggiosa sul dorso di una montagna è quella che dà tanto di sbanco quanto di colmata, lo che fa che l'asse si trovi ordinariamente sul piano del declivio del versante, e questa si chiama una strada situata a *mezza-costa*. Quando il versante è molto inclinato, si deve sostenere la parte in froldo con un muro di sostegno, o in muratura ordinaria, od in muratura a secco; lo che torna vantaggioso sotto il rapporto dell'economia che ne risulta. Si dà a questi muri una scarpa eguale al quarto od al sesto della loro altezza; e siccome, nel caso di cui si tratta, il materiale che deve servire alla costruzione proviene ordinariamente dallo sbanco, si può senza aumentare la spesa farli di un grande spessore. Quando si fanno con smalto di calce e sabbia, basta dar loro una scarpa eguale ad 1/12 della loro altezza, avendo cura di praticarvi dei *barbacani* per lo scolo delle acque.

Dopo aver esposto ciò che concerne i principii generali che devono servire di guida nel tracciato di una strada, rispetto alla posizione dei punti estremi, spingeremo più avanti questo esame, ed entreremo in qualche più munita particolarità.

La direzione di una strada si stabilisce ordinariamente con una sequela di allineamenti retti, facienti certi angoli determinati gli uni rispetto agli altri, di maniera che, data la lunghezza o la posizione sul terreno di taluno di essi, si potrebbe dedurne tutti gli altri mercè la catena o il grafometro.

Ciò non di meno quando si fa questo studio sulla faccia del luogo, gli è indispensabile di fissare parecchi segnali, e di riferire a punti determinati e invariabili la serie delle diverse posizioni adottate, allo scopo di poterle ristabilire con precisione ad un'altra epoca. Dove si stesse paghi nel fissare un solo allineamento, e di dedurne in seguito gli altri, come abbiamo detto, avverrebbe d'esser tratti sovente in errori assai gravi, e di allontanarsi notabilmente dal tracciato primitivo; ed a ciò basterebbe qualche variazione nella lunghezza della catena, o nelle divisioni d'un grafometro. Gli è seguendo la direzione primitiva che si fanno le livellazioni per lungo o per traverso, e che servono di base al calcolo dei movimenti di terra da effettuarsi, per dare ad una strada la forma voluta.

Si capisce adunque che se, nel momento della esecuzione, non si riscontrasse in quella tutta la esattezza, si correrebbe il rischio di avere una quantità considerevole di materiale in più o in meno, andando incontro a spese considerevoli, e tali da rovinare qualche volta l'imprenditore che nella piena fiducia dei calcoli avesse assunto l'impresa dell'esecuzione dei lavori. Questa considerazione è molto importante. In qualche caso basterebbe scostare l'allineamento di un metro a destra, o a sinistra dalla posizione stabilita, per isnaturare affatto il progetto.

Per evitare questo inconveniente, ella è cosa prudente di fare all'estremità d'ogni allineamento retto un foro circolare di un metro almeno di diametro e di piantarvi un robusto picchetto, e di riferire inoltre ad alberi, od a fabbricati

vicini la posizione di cadauno di questi picchetti, che stabiliscono il vertice degli angoli dei diversi allineamenti.

Venuto il momento della esecuzione, bisogna tracciare sul terreno la linea che va dal vertice di un angolo al vertice dell' angolo vicino, affine di dirigere il lavoro degli operai. Questa operazione può dover farsi sotto a tre differenti condizioni.

1.° Se dall'estremo d' un allineamento si può vedere un bastone da livello verticale collocato all'altro estremo, il problema non presenta alcuna difficoltà. Piantasi un altro bastone in dirittura dove trovasi l'osservatore, poi dirigendo un raggio visuale sul primo, se ne collocano intermediariamente tanti altri quanti abbisogna, curando che sieno tutti tangenti alla direzione dello stesso raggio.

2.° Qualora dal punto iniziale non si possa vedere un bastone od un segnale collocato all'altra estremità: lo che avviene quando questi punti sono separati, p. e., da una piccola collina, come A B (fig. 6), due osservatori devono cercare di collocarsi in due punti intermedii C, e D in modo che quello situato in C possa veder l' altro collocato in D, e nello stesso tempo il bastone B, e reciprocamente per l'osservatore in D. Allora la persona in C farà passare la D nella direzione di B, e se il punto C si trova nello stesso tempo nella direzione A D, i due punti C D saranno sulla retta che va da A in B. Qualora un qualche primo sconcerto dei punti C e D non guidasse a questo risultamento, è sempre facile ottenerlo con un seguito di prove, e quindi il tracciato si troverà condotto a dovere.

3.° Se due osservatori non possono collocarsi intermediamente ai due punti, come abbiamo supposto, sia perchè si trovino separati da un edifizio, sia per qualunque altro motivo, si conduce per uno dei detti punti una retta qualunque A C (fig. 7), sopra la quale si abbassa una perpendicolare dal punto B coll' aiuto del grafometro o della squadra; si divide la lunghezza A C in tante parti in quante si vuol piantare i picchetti sulla direzione A B, e si calcola per cadauna delle divisioni la lunghezza delle perpendicolari D D', E E' . . . . . . Ciò dà la posizione dei picchetti D', E', F'. . . . Questo calcolo è facile, poichè tutti i triangoli sono simili, e si ha:

$$A F : F F' : : A C : C B,$$

da cui si deduce,

$$F F' = \frac{A F \times C B}{A C.}$$

La lunghezza A B è nota, mentre tracciando questa linea la si è misurata; ed è lo stesso di C B. In quanto ad A F, essa è pure una parte conosciuta della linea totale A C'. Così, supponendo $A C = 120^m$, $C B = 24$, se si vogliono avere tre picchetti sopra A B, si dividerà la linea A C in quattro spazii, eguale ciascheduno a $\frac{120}{4} = 30^m$: lo che darà:

$$F F' = \frac{30}{120} \times 24 = 6^m.$$

$$E F' = \frac{1 \times 30}{120} \times 24 = 12^m \text{ ecc.}$$

E generalmente, qualora si divida la linea A C in parti eguali, come abbiamo fatto, basta calcolare la prima perpendicolare, il cui valore moltiplicato

per i fattori 2, 3, 4 darà la seconda e la terza, ecc.

Se il tracciato della linea ausiliare A C presentasse qualche difficoltà, per esempio, se il punto A fosse situato dietro una foresta (fig. 8), allora si prenderebbero parecchie linee ausiliarie dirette secondo i viali, o i vacui del bosco, tali come C D e B D; e siccome nel poligono così formato si conoscerebbe la lunghezza dei lati A C, C D, D B, e gli angoli in C e D, se ne dedurrebbe l'angolo che la linea A B fa con l'ausiliaria A C, lo che permetterebbe di seguire la direzione A B, coll'aiuto del grafometro, a mano a mano che si abbattessero gli alberi per istabilire la strada. Così, nel caso della fig. 8, in cui si ha un quadrilatero, si comincia dal calcolare l'angolo C A D, secondo i principii trigonometrici per la risoluzione dei triangoli obbliquangoli, lo che non offre alcuna difficoltà, attesochè nel triangolo A C D si conoscono due lati A C, C D e l'angolo compreso A C D. Dicasi lo stesso pel triangolo A D B, di cui si conoscerà A D, dietro il calcolo precedente, e D B direttamente, come l'angolo compreso.

Allineamenti curvi.

Tracciati gli allineamenti retti, si ottiene una strada di percorrimento difficile dove si voglia limitarsi a seguirli in tutta la loro lunghezza. Per passare dall'uno all'altro, si trovano dei bruschi gombiti o degl'angoli risentiti, che sono sempre un grande ostacolo per i ruotabili, imperciocchè i cavalli provano una grande difficoltà nel girarli. Per diminuire queste difficoltà, inerenti al mutamento di direzione, abbandonasi l'allineamento retto al vertice dell'angolo ch'esso forma coll'allineamento che segue e che si va a riunire in un punto B, situato per solito alla stessa distanza del punto d'incontro S, del punto A (fig. 9). Fra questi due punti, la strada segue una linea che dicesi *curva di pareggiamento*. Dove si adotti un arco di circolo pel pareggiamento di due allineamenti consecutivi, devesi usare di un raggio tanto grande quanto il sito lo comporti, all'effetto di sminuire lo sforzo dei cavalli per cambiare di direzione. Per concepire la differenza che esiste fra il trascinamento di veicoli in linea retta e quello in linea curva, si deve considerare che la vettura che descrive un circolo, abbisogna prima di tutto, onde percorrere la circonferenza, della medesima forza come se le si facesse percorrere una retta della stessa estensione; di più uno sforzo addizionale per imprimerle ad ogni istante la deviazione opportuna, affinch'essa compia una rivoluzione durante il percorrimento del circolo intiero. E dove si pensi che lo sforzo totale da esercitarsi per far fare alla vettura questa rivoluzione intiera resta lo stesso, qualunque sia il raggio del circolo percorso, torna evidente che lo sforzo si troverà ripartito sopra un'estensione tanto più grande quanto il raggio sarà maggiore, e che i cavalli potranno vincerlo più facilmente. Dietro a ciò, osservando che per pareggiare due allineamenti A S e B S si avrà sempre a descrivere uno stesso angolo nel centro O, eguale a 180°, meno l'angolo in S, qualunque siasi il raggio del circolo adottato, è facile il concepire che vi ha vantaggio nel prendere un circolo tanto grande, quanto le condizioni locali lo permettano. Non occorre però di spingere questo ragionamento all'estremo, e scegliere dei raggi di circolo tanto lunghi da snaturare il tracciato primitivo. L'esperienza ha dimostrato che qualora il raggio non sia al di sotto dei 25 a 30 metri per le vetture di trasporto, lo sforzo addizionale dei cavalli non

è affatica soverchiamente. Noi considereremo dunque questa cifra come limite inferiore.

Qualche volta adottasi, per pareggiare gli angoli di due allineamenti, un'altra curva fuori della circolare, per esempio, la parabolica, di cui non torremo a dimostrare le proprietà, ma indicheremo bensì il modo di costruirla, per via di punti, sopra il terreno. Quando l'angolo degli allineamenti è molto aperto, la parabola si accosta molto al circolo, e si può adottare indifferentemente l'una o l'altro. Ma bisogna in tutti i casi che i pareggiamenti sieno tangenti agli allineamenti retti ai punti A e B, dove lasciano e riprendono la loro direzione.

Tracciato del circolo.

Fissato una volta il raggio del circolo di pareggiamento, il mezzo più ovvio che si presenta per trovare il centro O, gli è quello di condurre parallelamente a caduno degli allineamenti, e ad una distanza eguale al raggio, due rette la cui intersezione dà il punto O; e quindi descrivesi il circolo stesso, fissando a questo punto l'estremo di una catena eguale al raggio. Ma questo processo semplicissimo e facile a praticarsi sulla carta, torna sovente difficile sul terreno; di maniera che è preferibile di tracciare il circolo indipendentemente dal suo centro. Dietro il valore del raggio adottato, cominciasi dal calcolare la lunghezza delle tangenti S A, S B, lo che non presenta alcuna difficoltà.

Supponiamo che abbiasi determinato sulla pianta il centro O, come abbiamo detto; dividiamo l'angolo S in due parti

eguali, la linea di divisione anderà a passare per il punto O e nel triangolo O A S, di cui conoscendosi il lato O A eguale al raggio, e l'angolo A S O, si potrà trovare la lunghezza della tangente A S; ma si può evitare il calcolo trigonometrico nella maniera seguente. Prendasi sopra S A una lunghezza S B eguale all'unità, per esempio ad un metro; elevisi da questo punto una perpendicolare sopra S A fino al suo incontro con O S, in C, e si misuri la linea B C nei due triangoli simili S B C, S A O, e si avrà:

$$AS : 1 : : OA : BC;$$

ovvero, designando con T la lunghezza della tangente, e con R quella del raggio:

$$T : 1 : : R : BC,$$

quindi:

$$T = \frac{R}{BC}.$$

Dove si voglia usare il calcolo dei logaritmi per ottenere la lunghezza della tangente, si avrà, indicando con A l'angolo A S B, e considerando che la linea che abbiamo contrassegnato con B C, e che si può misurare direttamente sul terreno, è precisamente la tangente trigonometrica della metà dell'angolo in S:

$$T = \frac{R}{\text{tang. } 1/2 \ A.}$$

Supponendo $A = 70°$, e che si prenda $R = 40^m$, si avrà:

$$T = \frac{40}{\text{tang. } 35°}\text{; log. } T = \text{log. } 40 - \text{log. tang. } 35°$$

log. 40 = 1,6020600; comp. log. tang. 35 = 0,154 7722;

dunque avremo:

$$\text{log. } T = 1{,}756\ 8322\text{, quindi } T = 57^m,\ 13.$$

Quando si conosce così la lunghezza delle tangenti, si può descrivere il circolo senza allontanarsi dal tracciato della strada, per andar a cercare dei punti ausiliari.

Congiungendo il punto A al punto B, è chiaro che tutti gli angoli che hanno queste linee e il vertice sull'arco A *m* B sono misurati dalla metà del resto della circonferenza, e che sono per conseguenza eguali tra loro, ed al supplemento dell'angolo B A S, che è pur noto, dal momento in cui è data la lunghezza delle linee S A, S B. Così un seguito di punti *m*, *m*, *m*. . . . . tali che unendoli ai punti A e B, gli angoli A *m* B sieno eguali all'angolo conosciuto, apparterrano al circolo. Per truvare facilmente questi punti, osserveremo che l'angolo *m* A B, la cui misura è metà dell'arco *m* B, è eguale all' angolo *m* B S avente la misura medesima; e per conseguenza, dove si tiri dal punto A una linea qualunque A *m*, facendo un angolo arbitrario con A B, e che dal punto B si conduca una seconda linea, facendo con B S un angolo eguale ad *m* A B, il punto d'intersezione di queste due linee apparterrà al circolo. Si potranno dunque ottenere con questo metodo quanti più punti si desiderano.

Tracciato della parabola.

I.° Metodo. Dividasi A B (fig. 10) in due parti eguali; conducasi S C; dividasi in due S A; conducasi S' S'' parallela ad A B; questa linea taglierà S C in un punto D, che apparterrà alla curva. Si facciano le medesime operazioni nel triangolo A S' D, avrassi un nuovo punto M, e così di seguito in quanti altri triangoli si amasse di fare, tanto dal lato A S, quanto dall'altro S B, e che daranno altrettanti punti della curva. In questo caso, non è necessario, come nel circolo, che le tangenti S A, S B sieno eguali. Questa curva ha il vantaggio di essere tanto meno incurvata quanto più trovasi lontana dalla sua sommità, e per conseguenza, il passaggio dalla curva all' allineamento retto è poco sensibile.

II.° Metodo. Dividasi A S S B (figura 11) cadauna in un egual numero di parti eguali. Congiungasi quindi cadauna divisione di B S, rimontando, compreso il punto B con ogni divisione corrispondente di A S, e discendendo, compresovi il punto A; le intersezioni successive di tutte le rette, prese due a due, nell' ordine che abbiamo indicato, apparterranno ad una parabola che sarà

tangente agli allineamenti A S S B nei punti A e B. Questo metodo è più semplice, e di una esecuzione più facile del precedente.

Qualche volta due allineamenti retti che non s' incontrano affatto, non sono separati che da una piccola distanza, o da un terzo allineamento retto, che sparisce compiutamente nel pareggiamento, dove trovasi sostituito da'rami adiacenti; di due curve consecutive, che allora non ne formano che una sola, sotto il nome di curva d' inflessione.

Sia B (fig. 12) il punto precedentemente determinato per la inflessione nel pareggiamento di tre allineamenti retti A S, S S', S' C, si applicherà allora ai due angoli S S' l' uno dei metodi che abbiamo prima indicato.

Questi mezzi di tracciare una curva non sono sempre applicabili nei paesi montuosi, in causa degli ostacoli locali che non permettono l' operazione della divisione dei lati dell' angolo, e il tracciato delle linee per ottenere la curva colla loro intersezione. Si sostituisce loro, con vantaggio, un metodo pratico, che l' esperienza e l' abitudine rendono spicciativo, e da cui risulta una curva che soddisfa alle condizioni del problema. Esso consiste nel tracciare delle corde successive, formando un poligono inscritto nell' angolo da arrotondarsi, e nel collocare sul terreno alle estremità di queste corde, prolungate egualmente al di là del poligono, delle freccie valutate arbitrariamente, e che si aumentano d' ordinario in maniera che il poligono che ne risulta passi per i punti determinati.

Sia l' angolo A S B che si divisa d' arrotondare col metodo pratico (figura 13.)

Si porti da A in A', sul lato A S, una lunghezza costante, di 10^m, per esempio. Dal punto A, e con un raggio eguale ad A' A, si descriva un arco A' *m*; si porti sull' arco A *m* la corda A' *m* giudicata necessaria; si prolunghi quindi A *m* fino in *n*, facendo *m n* eguale alla quantità A A', e si descriva dal centro *m*, e con un raggio eguale ad *m n*, l' arco *n n'* che si fa eguale all' arco precedente, od anche più grande secondo che la curva domandi più o meno d' incurvatura, e si continuino le medesime operazioni fino a che si pervenga in B.

È raro che si riesca a tracciare di primo tratto la curva ricercata; ma l' aumento o la diminuzione delle freccie ottiensi con facilità, o con un poco di abitudine; dopo uno o due tentativi si stabilisce il poligono che dà l'arrotondamento, e che soddisfa alle condizioni del tracciato.

Questo metodo potrebbe applicarsi al pareggiamento in paese di pianura, ma per evitare di andar a tentoni val meglio, quando non vi si oppongano ostacoli, adoperare i metodi grafici precedentemente insegnati.

Prima di effettuare il tracciato della curva, è sempre cosa prudente lo stabilire di quanto essa si allontanerà dal vertice S dell'angolo, perchè si potrebbe aver scelto un raggio tale che la distanza S D (fig. 9) fosse assai grande: lo che, in certe circostanze, potrebbe snaturare il progetto trasportando la strada in un terreno di cui fosse troppo dispendioso l'acquisto. Dove si adotti il circolo per curva di pareggiamento, si conosce nel triangolo A O S, rettangolo in A, il raggio R del circolo, la lunghezza della tangente A S (figura 16): e si ha dunque il valore della ipotenusa O S;

$$\overline{OS^2} = R^2 + T^2,\ OS = \sqrt{R^2 + T^2}$$

Dunque $SD = OS - R = \sqrt{R^2 + T^2} - R.$

Dove si adotti una parabola, la costruzione indicata (fig. 10) fa vedere che la sua sommità D trovasi nel mezzo della linee S C, C essendo il punto di mezzo della linea A B, che è conosciuta. Nel triangolo S A C, i lati S A ed A C, come l'angolo compreso, sono conosciuti; si ha dunque:

$$\overline{SC^2} = \overline{AC^2} + T^2 - 2\,\overline{AC}.\,T \cos.\,\overline{SAC}$$

ed $$SD = \tfrac{1}{2}\,\overline{SC}.$$

Nulla di meno, non è che quando si adotti il primo tracciato della parabola (fig. 10) che si ha $SD = \frac{1}{2} SC$. Quando si segue il secondo metodo (fig. 11), la sommità della curva, che si trova sempre sulla linea S C (fig. 10), s'allontana tanto più dall' angolo S, quanto il numero n dalle divisioni delle tangenti S A, S B (fig. 11) è più piccolo. Questo numero non può discendere al di sotto di 2, ed in questo caso, S D diventa eguale a $\frac{1}{2}$ S C. Del resto, il valore generale di S D è:

$$SD = \frac{SC.}{2}\,\frac{n + 2}{n + 1}$$

Dietro a ciò si vede che non basta altrimenti lo stabilire la lunghezza delle tangenti S A, S B della parabola di pareggiamento di due allineamenti retti, bisogna anche dire in quante parti le tangenti saranno divise dal tracciato della curva.

Siccome è questa la curva più generalmente adottata, indicheremo una delle maniere di farne il tracciato sopra il terreno.

Si colloca un bastone ad ogni punto di divisione; due uomini si appostano sopra S B (fig. 11) l'uno al punto (1), il secondo al punto (2). Il primo mira in A, il secondo sopra A S; un terzo operatore, munito d' un bastone da livello, lo colloca, dietro le indicazioni dei due primi, al punto d' intersezione dei loro raggi visuali, che è un punto della curva. L' osservatore che si trova in (1) passa al punto (3) sopra S B; il secondo resta al posto; ed il terzo colloca del pari un secondo bastone, che indica un secondo punto della curva; colui che era in (2) passa in (4), e così di seguito.

Quando le tangenti di pareggiamento sono eguali, si ha la scelta fra il circolo e la parabola, e si può domandare a sè stessi quale di queste due curve si accosterà vieppiù alla sommità.

In questo caso, la distanza della parabola alla sommità, che chiameremo D, sarà eguale (fig. 9) alla metà di S E

$$D = \tfrac{1}{2}\,SE.$$

Per il circolo, la stessa distanza, che chiameremo D', è eguale ad O S — R, o ad S E + E O — R

$$D = S E + E O - R,$$

ma nel triangolo A E O, abbiamo :

$$E O = \sqrt{R^2 - \overline{A E}^2}$$

per conseguenza :

$$D' = S E + \sqrt{R^2 - A E^2} - R.$$

Cancellando D da questo valore, si ha:

$$D' - D = \tfrac{1}{2} S E - \left(R - \sqrt{R^2 - A E^2} \right)$$

Come R è necessariamente più grande di $\sqrt{R^2 - A E^2}$, la quantità $R - \sqrt{R^2 - A E^2}$ deve essere sottratta da $\frac{1}{2}$ S E, se essa è più piccola : lo che proverà che D' è più grande di D, o che il circolo passa più lungi della sommità S della parabola. — Possiamo mettere questa differenza sotto un'altra forma, che permetterà di vedere facilmente ciò che avviene secondo le diverse aperture dell'angolo. Sia alla metà dell'angolo S : T la lunghezza delle tangenti S A = S B

$$S E = \sqrt{T^2 - A E^2} = T \cos. a$$

$$B = T \frac{\sin. a}{\cos. a}; \sqrt{R^2 - A E^2} = T \sqrt{\operatorname{tang.}^2 a + \sin.^2 a} = \frac{T \sin.^2 a}{\cos. a}$$

dunque

$$D' - D = \tfrac{1}{2} \frac{T \cos.^2 a}{\cos. a} - \frac{T \sin. a}{\cos. a} + \frac{T \sin.^2 a}{\cos. a};$$

$$= \frac{T}{2 \cos. a} \left(\cos.^2 a - 2 \sin. a + 2 \sin.^2 a \right)$$

$$D' - D = \frac{T}{2 \cos. a} \left(1 - 2 \sin. a + \sin.^2 a \right) = \frac{T}{2 \cos. a} \left(1 - \sin. a \right)^2$$

Come cos. a è sempre positivo, del pari che $(1 - \sin a)^2$, ne segue che D' è sempre più grande di D; così la parabola si accosta sempre più alla sommità S del circolo, quando si segna il primo tracciato (fig. 10).

Quando le curve di pareggiamento si trovano nelle pendenze, si deve, per quanto sia possibile, diminuire un poco la inclinazione, a fine di compensare lo sforzo addizionale che i cavalli devono fare per cangiare di direzione. Ciò fa vedere, d'altronde, come abbiamo già avuto l'occasione di far notare, che si deve evitare di discendere col mezzo di piccole curve, e che val meglio prendere la sviluppata in linea retta.

Della livellazione.

Dopo studiate attentamente le diverse direzioni della strada, dopo pareggiati gli allineamenti retti con circoli, o parabole, e dopo aver riportato sopra una pianta rappresentante i poderi attraversati della strada stessa, la projezione orizzontale dell' asse, restano a conoscersi le differenti inclinazioni del terreno, secondo il tracciato stabilito. Vale a dire, che si deve valutare la distanza alla quale cadauno dei suoi punti è al di sotto di un piano orizzontale, che si suppone fisso ad una certa altezza arbitraria al di sopra dello spazio che separa i punti di partenza e di arrivo.

Supponiamo che per ogni punto degli allineamenti retti o curvi, s' innalzi una verticale indefinita; tutte queste linee, che saranno in numero infinito, andranno ad incontrare il nostro piano orizzontale, che dicesi anche *piano di comparazione*, e vi traccieranno una linea affatto orizzontale, composta di parti rette corrispondenti agli allineamenti retti, e di parti curve corrispondenti agli allineamenti curvi. Ammettiamo, per un momento, che si raddrizzino le parti curve di modo da ricondurre tutti i punti nel prolungamento del primo allineamento retto, allora noi potremo rappresentare il nostro piano di comparazione con una semplice linea orizzontale A B (fig. 14), la cui lunghezza sarà eguale allo sviluppamento della projezione dell' asse della strada. Quanto a quest' asse, tal quale esso esiste sopra il terreno, lo si troverà sviluppato e rappresentato dalla sequela dei punti a, b, c, d, e, f. . . . . ., ma l'inclinazione delle sue diverse parti non avrà punto cangiato, ed il rilievo del terreno, secondo la direzione adottata, sarà esattamente raffigurato dalle linee $a\,b$, $b\,c$, e d . . . il cui insieme costituisce ciò che si chiama il *profilo longitudinale sull' asse*. Si comprende facilmente che dove si volesse innalzare un gran numero di verticali $a\,a'$, $b\,b'$ . . . . . la operazione che darebbe il profilo longitudinale sarebbe estremamente laboriosa, imperciocchè cadauna di queste linee domanda di essere misurata con grande attenzione. Ma bisogna osservare che se fra i punti a e b, b e c, c e d. . . . il terreno può avere una inclinazione costante, o, lo che torna lo stesso, essere in linea retta (del che si giudica coll' occhio in una maniera abbastanza approssimativa per piccole distanze), sarebbe inutile innalzare delle verticali fra i punti a e b, b e c . . . . ., mentre che le linee $a\,b$, $b\,e$ sono compiutamente determinate dai due punti estremi; e dove si avesse bisogno della verticale corrispondente ad un punto intermediario, lo si otterrebbe col mezzo di una proporzione, col confronto delle lunghezze $a\,a'$, $b\,b'$ . . . . Queste verticali, che danno i punti del terreno, si chiamano lati *neri*, perchè si descrivono per solito coll' inchiostro comune. Ne segue da ciò, che si

devono scegliere tutti i punti ove l' inclinazione, seguendo l' asse, viene a mutarsi, per assumere un lato nero.

La strada dovendo occupare una certa larghezza a destra e a sinistra della sua direzione, il profilo longitudinale è insufficiente per dare un' idea esatta del rilievo del terreno. Affine di supplire a questo difetto, si suppone il terreno tagliato da una serie di piani verticali perpendicolari all' asse, e da cadaun punto d' intersezione di questi piani col terreno s' innalzano del pari delle verticali fino al loro incontro col piano di comparazione; misurasi, come sul profilo longitudinale, l'altezza di queste linee, si portano al di sotto di una orizzontale A' B', che rappresenta l' intersecazione del piano verticale col piano di comparazione, e si ottiene una figura del terreno della stessa specie del profilo longitudinale, il quale prende il nome di *profilo trasversale*. I punti dove bisogna prendere i lati per formare i profili trasversali sono determinati dalle stesse considerazioni come pel profilo longitudinale.

Generalmente, prendesi un profilo di traverso al piede di cadauna verticale del profilo di lunghezza; il numero di questi ultimi non deve dunque essere determinato dalla sola condizione dei mutamenti d' inclinazione dell'asse; bisogna eziandio prenderne da per tutto dove si troverà necessario di stabilire un profilo trasversale.

La scelta dei punti domanda molta attenzione, onde pervenire ad una valutazione esatta degl'interrimenti da praticarsi per dare alla strada le forme desiderate. La regola più sicura per dirigersi in questa operazione è di aver sempre presente il metodo che si deve usare pel calcolo dei terrapianamenti. I profili rilevati da persone che ignorano il pro-

cesso del calcolo, o che non ne conoscono che il meccanismo, procedono quasi sempre senza discernimento, e possono condurre a risultamenti che si accostino poco al vero.

Per rappresentare i profili trasversali, si suppone che il loro piano giri intorno alla linea A' B', che si deve rappresentarsi nello spazio come essendo perpendicolare ad A B nel punto *a*, e venga a finire nel piano di comparazione: lo che spiega il modo con cui fu tracciato uno di questi profili (figura 14). Il lato al punto *a* del profilo trasversale è lo stesso di *a a'*; ma, per occupare meno spazio, tagliasi ordinariamente una quantità arbitraria di quest'ultimo, e non è che la rimanenza che si riporta sulla scala; così nell' esempio della fig. 14, si è tagliato 46 dal lato 50 del profilo longitudinale, ed il lato riportato non è che 4.

Pegli stessi motivi, come pel tracciato dell' asse, è importantissimo di prendere dei punti di riferimento, o fissar dei segnali, quando si fa una livellazione longitudinale o trasversale. Le pendenze o le rampe adottate definitivamente per la strada essendo sempre riferite a certi punti del profilo longitudinale, è indispensabile di stabilir questi con esattezza. Un errore, sebbene leggerissimo, nelle inclinazioni può dare dei movimenti di terra in quantità ben diversa da quella calcolata, e condurre a dispendii impreveduti. Non si saprebbe sotto a questo rispetto raccomandare abbastanza di precauzione.

Processi di livellazione.

Abbiamo indicato sommariamente le regole generali che devono servire a fare i profili longitudinali, ed i trasversali

per aver una rappresentazione esatta del terreno sul quale si vuole costruire una strada. Non ci resta quindi che indicare i mezzi mercè ai quali si perviene a stabilire il piano di comparazione, ed a misurare le distanze verticali dai punti dell' asse fino ad esso.

Il piano di comparazione estendendosi su tutta la lunghezza delle strade, si capisce che se un osservatore potesse collocarsi abbastanza in alto per vedere i due punti estremi, o dirigere un raggio visuale perfettamente orizzontale nelle direzioni dei diversi punti dell' asse *a*, *b*, *c*, *c'* *d* .... (fig. 14) sopra i quali si collocasse una riga verticale in modo che la sua estremità superiore arrivasse sempre all' altezza di questo raggio, i profili longitudinali e trasversali non offrirebbero alcuna difficoltà, mentre non si avrebbe che a misurare in caduna posizione l' altezza della riga *a a'*, *b b'*.... lo che darebbe i lati neri.

Questo processo, che non può mai estendersi oltre una certa lunghezza dell'asse, è precisamente quello che si segue per le piccole distanze. Coll' aiuto d'uno strumento, detto LIVELLO (*ved.* questa voce nel Dizionario e nel Supplemento), si stabilisce un primo piano orizzontale rappresentato nella fig. 15 da N N. Ai diversi punti dell' asse, scelti dietro le precedenti considerazioni, si colloca uno scopo od asta, composto di due parti che scorrono l' una sull' altra in modo da poter condurre a diverse altezze la mira di cui è munito. Innalzasi questa mira fino a che il suo punto di mezzo si trovi nella direzione del raggio visuale N N, e si nota sulla verticale *a* N, dal lato del livello, l' altezza di questo punto di mezzo al di sopra del piede della mira o di *a*, che designeremo con h^1. La mira essendo portata in *b*, si noterà egualmente l' altezza h^2, scrivendola dal lato del livello. Se il punto *c* è troppo lontano perchè si possa distinguere nettamente lo scopo, il porta-mira resta al punto *b*, e si porta il livello nella seconda posizione, si notano come prima le altezze osservate h' e $h\,8$, e si continua la operazione per la terza e quarta stazione, ecc. La lunghezza totale della strada si troverà così divisa in lunghezze parziali, di cui si farà il profilo longitudinale come abbiamo indicato. Per via di questi profili parziali N N, N' N'... è facile comporne uno solo abbracciante tutta la strada, e riferito allo stesso piano di comparazione. In fatti, i due lati da cui il punto *b* è affetto, fanno conoscere che il piano della seconda livellazione parziale N' N' si trova più basso della prima di una quantità eguale alla loro differenza $h\,2 - h'\,2$. Tutti i lati dati da questa seconda livellazione si troveranno dunque riferiti al primo piano dove si aggiunga loro la differenza predetta, vale a dire, gli uni saranno eguali agli altri che la posizione prima del livello avrebbe dato direttamente, se la distanza lo avesse permesso. Verso lo stesso ragionamento si concluderà che basta di aggiungere ai lati forniti dalla livellazione parziale N'' N'' la differenza $h\,3 - h\,3$ perch' essi si trovino riferiti alla livellazione N' N' che sappiamo riferirsi al primo; vale a dire, che bisognerà aggiunger ai lati di N'' N'' la somma delle differenze $h\,2 - h'\,2$, più $h\,3 - h'\,3$. Se consideriamo finalmente l' ultima livellazione parziale N''' N''', noi vediamo che il suo piano di comparazione si trova più alto del precedente; per ricondurlo ad N'' N'' bisognerebbe dunque sottrarre dai lati la differenza $h'\,4 - h\,4$, poi agire, rispetto ai lati ottenuti, col mezzo di questa correzione, come si è fatto rispetto a quelle date direttamente da N'' N''.

Dalle spiegazioni date intorno alla maniera di riferire l' una qualunque delle

livellazioni parziali al piano di comparazione è facile di stabilire la regola seguente:

Per riportare una livellazione (tale è la espressione adoperata attualmente per designare l'operazione indicata) si comincierà dal rilevare la differenza dei due lati che affettano uno stesso punto, sottraendo quella a destra della verticale da quella situata a sinistra, se ciò è possibile; ed in questo caso aggiungendo la differenza *d*, che si scrive al di sotto col segno +. Se la sottrazione non potesse farsi nel senso indicato, lo che avverrebbe se il lato a destra fosse più grande di quello a sinistra, la si farà nel senso contrario, e si aggiungerà la differenza col segno — (meno). In seguito si aggiungerà ai lati della seconda livellazione la differenza *d* 1; ai lati della terza la somma delle differenze *d* 1 + *d* 2; ai lati della quarta la stessa somma *d* 1 + *d* 3, diminuita di *d* 2, vale a dire: *d* 1 + *d* 2 — *d* 2, e tutte le livellazioni parziali si troveranno riferite ad uno stesso piano di comparazione N N. Dove si volesse prenderne un'altra fuori di questa, si capisce che basterebbe aggiungere ai lati ottenuti una quantità H esprimente l'altezza di cui questo nuovo piano si trova al di sopra di N N; avvertendo di prendere il secondo piano sempre abbastanza elevato perchè tutti i punti del terreno vi si trovino situati al di sotto.

Prima di andar più innanzi, è necessario far conoscere alcune denominazioni consacrate dall'uso, che faciliteranno ciò che saremo ancora per dire intorno alle livellazioni.

Chiamasi *stazione* una delle lunghezze parziali delle suddivisioni della lunghezza totale della strada, come *a b*.

Ogni stazione rallronta almeno due punti del terreno in una livellazione longitudinale: l'uno dicesi *colpo di livello di dietro*, ed è quello che si ottiene girandosi dal lato del punto di partenza, come *a*; l'altro, *colpo di livello dinanzi*. Le altre osservazioni che si potrebbero fare tra *a* e *b*, si dicono *colpi intermediarii*.

Ogni stazione costituisce una livellazione semplice, che abbiamo chiamato fino ad ora livellazione parziale.

Una livellazione che risulta da parecchie stazioni successive è una livellazione composta. Ogni parte della livellazione semplice si riferisce alla livellazione composta, mercè al colpo di dietro che si dà sul punto che ha fatto l'oggetto del colpo davanti della stazione precedente, e che per conseguenza stabilisce la relazione fra le due stazioni.

I colpi di livello, per ottenere l'esattezza sufficiente, non devono essere lontani più che 30 metri dallo strumento, quando si adopera il livello d'acqua.

In una medesima stazione bisogna aver cura di prendere tutti i punti necessari al progetto.

È importante di seguire un certo ordine nella tenuta degli abbozzi, o broglioni, di livellazione che si fanno sul terreno, a fine di evitare gli errori. Il mezzo più comodo consiste nel rappresentare la livellazione a vista d'occhio ed a mano, allo stesso modo come la si delinea in seguito nel gabinetto. A quest'uopo tracciasi un'orizzontale A B (fig. 16) ed una serie di verticali, accanto alle quali i lati osservati sulla mira, e senza rappresentare i diversi piani di comparazione delle livellazioni semplici, come viene indicato per più chiarezza nella fig. 15.

Si disegnano al di sotto gli anfratti, o sinuosità del terreno, limitandosi, bene inteso, ad indicare s'esso è pendente o rampante, e senza cercare di esprimere le differenze d'inclinazione; a meno che

esse non siano molto sensibili. Questa precauzione serve ad evitare gli errori che si potrebbe commettere, nell'eseguire l' operazione al tavolo.

La fig. 16 rappresenta l'abbozzo della livellazione riferita nella figura 14. Hannovi in calce i dettagli dei calcoli, dietro il metodo esposto precedentemente.

Qualche volta si segue un altro sistema per riportare la livellazione. In luogo di paragonare fra loro il colpo *davanti* della livellazione semplice precedente col colpo di *dietro* di quella che la segue, si paragona il colpo di *dietro* al colpo *davanti* della stessa livellazione semplice. Così i due lati 1,85 e 9,90 del colpo di *dietro* e *davanti* della prima livellazione semplice fanno vedere che l' ultimo punto è più basso del primo di 9,90 — 1,85 = 8,05. Scrivesi questa differenza a sinistra della verticale sopra cui fu preso il colpo *davanti*, contrassegnandola col segno + quando il lato di dietro è più piccolo di quello davanti, e col segno — nel caso contrario. Nella livellazione della fig. 16, queste differenze sono + 8,05, + 1,96 + 0,14 — 5,05 — 2,60; la prima esprime che il punto *c* è più basso del punto *a* di 8,05; la seconda che il punto *d* è più basso di *c* di 1,96; dal che si conclude che il punto *d* è più basso di *a* di 8,05 + 1,96 = 10,01, come per la terza. I lati negativi esprimono, al contrario, che il punto *f*, p. es. è più alto di *e* di 5,05; ed il punto *g* più alto di *f* di 2, 60. Di maniera che per conoscere la posizione d'un punto qualunque rispetto al primo, non si avrà che da fare la somma di queste differenze, aggiungendovi tutte quelle che precederanno il punto che si vuol paragonare, e che sono contrassegnate dal segno +, e cancellando tutte quelle che sono precedute dal segno —. Se la somma di queste ultime superasse la somma delle prime, ciò farebbe vedere che il punto comparato al primo sarebbe più elevato. Gli è per evitare questo inconveniente che si mette di seguito d' un lato il punto ª. Così si prende, p. e., il lato 50 (il punto *b* facendo parte della prima livellazione semplice si trova essere 50 + 35 — 1,85 = 51,50), aggiungesi 8,05 per avere il lato del punto *c*, e così di seguito.

Con questo secondo metodo, la livellazione si riporta di una maniera più semplice, ed è quello appunto che consigliamo a voler seguire. Non abbiamo parlato del primo se non se perch' esso ha il vantaggio di far meglio vedere come le livellazioni semplici si combinino per fare la livellazione composta.

Quando non si vuole paragonare che un punto ad un altro, per esempio il punto *f* al punto *a*, e che non si abbia bisogno di punti intermediarii, è inutile di fare le sottrazioni. Si fa la somma di tutti i colpi *davanti* e di tutti i colpi *di dietro* :

$$\left.\begin{array}{l} 9{,}90 + 3{,}63 + 1{,}62 + 0{,}77 + 1{,}35 = 17{,}27 \\ -(1{,}85 + 1{,}67 + 1{,}48 + 5{,}82 + 3{,}95) = 14{,}77 \end{array}\right\} + 2{,}50$$

Si sottra la seconda dalla prima; se essa è più piccola, ciò prova che il secondo punto è più basso; ed avviene il contrario se questa è più grande.

Abbiamo detto che si prende ordinariamente un profilo trasversale ad ogni punto del profilo longitudinale; questa operazione si fa nello stesso tempo della prima, e si può anche farla senza spostare il livello dalla posizione dove

si danno i colpi di dietro e davanti, quando non vi abbia ostacolo. Si scrivono questi al di sotto del profilo longitudinale, come nella fig. 14, avendo cura di distinguere con un segno qualunque la posizione del punto a sul profilo trasversale. La maniera di riportarli è preciamente la stessa come pel profilo longitudinale. E siccome questi profili non hanno mai una grande estensione, mentre basta ch'essi abbraccino dieci o dodici metri a destra ed a sinistra dell'asse, così non è d'uopo di adottare per il punto a' lo stesso lato che per il punto a, e basta ch'esso sia abbastanza grande perchè tutto il terreno si trovi al di sotto della linea A' B'. Quando si vorrà riferirlo allo stesso piano di comparazione del profilo longitudinale, basterà diminuire il lato a' di a ed aggiungere la differenza a tutti gli altri lati del profilo trasversale.

Non è neppure necessario che tutti questi profili trasversali sieno riferiti ad uno stesso piano di comparazione. Per esempio, dopo aver adottato 4 per lato dell'asse del primo profilo trasversale, si potrà adottare 3 per quello dell'asse del profilo preso in b.

Tuttavia perch'essi fossero riferiti allo stesso piano bisognerebbe che il secondo fosse $4 + 1,50 = 5,50$, mentre il punto b è di un metro e cinquanta centimetri più basso del punto a. Ma si riconoscerà facilmente, per l'uso che si fa di questi profili trasversali, che tale una soggezione sarebbe affatto inutile, e presenterebbe l'inconveniente di esigere troppo spazio per il disegno dei profili trasversali.

Siccome è molto importante di ben determinare tuttociò che è relativo alla livellazione, perchè questa è una sorgente molto feconda d'errori, così diamo nella fig. 17 l'abbozzo d'una livellazione completa per una strada, e tale qual suolsi fare nel suo libro di memorie dall'ingegnere.

Viene indicata appiedi la qualità del terreno che s'incontra: cognizione indispensabile per valutarne la spesa che è molto diversa secondo le diverse materie che vi si trovano. E questa cognizione si acquista facendo praticare degli scavi, mano a mano che si avanza nelle altre operazioni.

Ogni livellazione, anche quelle che sono relative ai profili delle strade che non domandano una grande precisione, ha bisogno di essere rettificata.

Per la rettificazione dei profili relativi ai progetti di strada, si può limitarsi a ripetere i colpi di livello a gran tratti, di due a trecento metri di distanza, senza misurare, come la prima volta, gl'intervalli, a meno che non si voglia anche verificare la lunghezza totale; ed in questo caso bisognerebbe seguir l'asse. Dove si pervenga in questa seconda operazione ad un risultamento conforme di 15 o 20 centimetri all'incirca a quello della prima livellazione, si può concludere che l'operazione sia sufficientemente esatta.

Le operazioni di livellazione, di cui abbiamo dato alcuni esempi, fanno vedere che notasi fra i colpi di dietro e quelli davanti non la distanza reale, ma la distanza orizzontale, che separa questi punti. Quando l'inclinazione del terreno è assai grande, devesi dunque tenere la catena presso a poco orizzontale, badando di farla tendere da coloro che la portano: la qual cosa però cagiona loro un poco più di difficoltà che quando la trascinano per terra.

Rilievo delle piante.

Quando si fa il tracciato e si stabiliscono l profili longitudinali e trasversali che devono servire a determinare l'andamento di una strada, devesi rilevare la pianta dei terreni attraversati, affine di mettere l'amministrazione al caso di giudicare se la linea adottata sia la più opportuna, e principalmente per poter apprezzare la superficie di cui ciascun proprietario deve essere spossessato.

Dove si contempli di chiarirla intorno al tracciato ideato, la pianta deve estendersi ad una grande distanza a destra e a sinistra della via, indicare le antiche strade, notare spiccatamente gli accidenti del terreno che hanno motivato una deviazione dell'asse; in una parola, mettere in evidenza tutte le circostanze che hanno determinato il costruttore ad adottarlo. Questa pianta disegnasi d'ordinario in una scala d'un 5 per 1000, vale a dire che un metro di lunghezza sulla carta deve rappresentare cinque mila metri sul terreno.

Quando la mappa è destinata a servir di base alle espropriazioni che devono precedere l'esecuzione della strada, non occorre di estendersi che ad una piccola distanza al di là del terreno occupato dalla medesima; ma essa deve esser fatta sopra una scala maggiore, a fine di poter valutare le superficie occupate con più d'esattezza. Adoperasi per solito la proporzione di 1 a 500, vale a dire che un metro sulla carta ne rappresenti cinquecento sul terreno, ovvero un centimetro per cinque metri. Questo disegno porta il nome di *pianta parziale*.

Quando il tracciato attraversa una pezza di terra di poca estensione, e dovendosi staccare una piccola porzione da quella, bisogna far figurare sulla *pianta parziale* le parti che restano, e misurare l'area di tutto intero il perimetro. Ciò ha per iscopo di assicurarsi se il proprietario abbia delle ragioni fondate per ripetere, conforme alle leggi d'espropriazione, il riacquisto delle parti residue.

I mezzi adoperati per rilevare le piante consistono nella misurazione delle linee e degli angoli. La prima effettuasi d'una maniera abbastanza esatta mercè a catene di dieci o venti metri di lunghezza, che è bene di rettificare prima di servirsene. Si dà loro ordinariamente due centimetri di avanzo per ogni dieci metri, perchè è impossibile di tenderle a tutto rigore in linea retta; d'altronde arrischierebbesi, volendo raggiungere questo limite, di spezzarne gli anelli.

Quando il terreno è molto inclinato, si deve badare di tenere la catena orizzontale, per misurare una linea tracciata secondo questa inclinazione; imperciocchè nella pianta non si tiene conto delle inclinazioni, e si suppongono tutti i punti notevoli del terreno che si vogliono rappresentare, proiettati da perpendicolari sopra un piano orizzontale.

Dovendosi rilevare una grande estensione di paese, l'operazione della misurazione delle distanze dovrebbe esser fatta con grande precisione; ma il costruttore di strade non ha mai bisogno di questa scrupolosa esattezza, e non entreremo quindi in proposito in più minuti particolari.

Gli angoli si misurano collo strumento detto grafometro, consistente in un mezzo circolo di rame diviso in 180 gradi. Ogni grado è suddiviso esso pure in due o più parti eguali, secondo la grandezza del diametro del mezzo circolo.

La parte circolare sopra la quale sono tracciate le divisioni dicesi *lembo*. Ai grafometri comuni si adattano, all'estremità del diametro fisso, due traguardi, o

piccoli fori, a traverso dei quali si osservano gli oggetti. Ogni traguardo, che dev' essere esattamente perpendicolare al lembo, è fesso superiormente e aperto al basso, o viceversa, ed il mezzo dell'apertura è attraversato, nel senso della sua lunghezza, da un filo di seta o da un crine.

Allorchè si mira un oggetto, accostasi l'occhio alla fenditura d'un traguardo, osservando se il filo corrispondente dell' altro traguardo copra l' oggetto medesimo.

La *dioptra* o *alidada* (di cui abbiamo parlato nella pagina 92, all' articolo Sorvegliante) è obbligata a girare intorno al centro dello strumento, ed è guernita essa pure di due traguardi. Per misurare gli angoli con più precisione, fu immaginato di segnare delle divisioni più piccole di quelle del lembo alle estremità della dioptra stessa, e d'accosto ai traguardi. Quando il lembo di un grafometro non è diviso che in gradi, non può ottenersi col soccorso di questa sola divisione fuorchè il numero intiero dei gradi contenuti in un angolo osservato, e non aversi sovente la sua misura che colla differenza di circa un grado. Dove si spinga la divisione più lungi (e non si può guari discendere al di sotto di un quarto di grado) non si potrebbe ancora avere la misura di un angolo che prossima ad un quarto di grado, e così di seguito. Per ottenere una maggiore approssimazione, si ebbe ricorso ad un metodo inventato da Nonius, e perfezionato da Vernier, ed ecco in cosa consiste:

Tracciansi all' estremità dell' alidada alcune divisioni più piccole, in un rapporto determinato con quelle del lembo; l' insieme di queste divisioni ha preso il nome dal suo inventore, e chiamasi un *Vernier*. Questo permette di valutare anche le parti del grado.

Supponiamo, p. e., che il grafometro sia diviso in 180 parti eguali, di cui ciascuna formi un grado, e che 11 di queste parti corrispondano a 12 parti del *Vernier*, allora cadauna di queste ultime abbraccierà sul lembo

$$\frac{11 \times 60'}{12} = 55' \text{ minuti sessagesimali.}$$

Se la prima divisione del *Vernier*, che dicesi linea *di fede*, tocca esattamente o cade sopra una divisione del lembo, l' angolo compreso fra il diametro fisso e il diametro mobile sarà misurato dalle divisioni del lembo. Se, al contrario, la seconda divisione del *Vernier* coincide con una divisione del lembo, bisognerà, al numero dei gradi marcati sul lembo fino alla linea di *fede*, aggiungere cinque minuti, quantità di cui una parte del lembo supera una parte del *Vernier*.

In generale si computerà di più tante volte 5', quante saranno le parti del *vernier*, dalla linea di *fede* fino alla linea che corrisponde ad una di quelle del lembo. Per poter leggere più facilmente le divisioni e valutare le loro parti, si suole valersi di una lente, che ingrandisce gli oggetti.

Quando si vuole misurare un angolo, mercè al grafometro, si principia col collocare lo strumento al vertice dell' angolo stesso, poscia disponesi la dioptra fissa in modo che, mirando a traverso dei traguardi, il filo verticale copra l'oggetto preso di mira, il quale si trova nel prolungamento di uno dei lati dell' angolo. Si dirige quindi l' alidada mobile superiore sopra un oggetto che si trova nel prolungamento del secondo lato dell'angolo, e si fa egualmente coincidere il filo con l'oggetto; l'arco percorso da quella sarà la misura dell'angolo cercato, espressa in gradi.

Questo metodo suppone che i tre punti A, B, C (fig. 18) che determinano l'angolo in A, sieno presso a poco nel piano del lembo, od almeno che i traguardi abbiano abbastanza di altezza per permettere di scoprire i punti B e C, quando il piano del lembo è orizzontale. Condizione alla quale si deve sempre cercare di soddisfare il più esattamente possibile.

Se i tre punti A, B, C essendo in un piano inclinato, si fosse obbligati per vedere i punti B, C di collocare il lembo sullo stesso piano, l'angolo osservato avrebbe bisogno di subire una certa correzione, per poter servire a trasportar il piano sulla carta.

In fatti abbiamo fatto notare che la pianta di un sito è la rappresentazione sulla carta delle *proiezioni* dei punti più notevoli sopra un piano orizzontale. Ne segue da ciò che la lunghezza delle linee del terreno, come i loro angoli, possono provare delle diminuzioni sensibili nella proiezione; così la linea A B (fig. 18) si proietta sul piano D E secondo un'altra linea $a\ b'$ più piccola di A B. Egualmente, se l'angolo B A C (fig. 19) si trovasse (per prendere un caso estremo), in un piano verticale, la proiezione delle due linee che lo determinano si confonderebbe sul piano orizzontale, e l'angolo proiettato sarebbe nullo. Se questo angolo (fig. 18) si trova in un piano inclinato, il punto B si proietterà in b', e l'angolo proiettato sarà $b\ d\ b'$; esso non diventerà eguale a B A C che nel caso in cui il piano fosse orizzontale; in tutte le altre posizioni sarà più piccolo.

Nella misura degli angoli, può avvenire che l'osservatore non possa collocarsi al vertice A per osservare l'angolo A B C; allora egli prende una posizione più prossima che sia possibile D, al punto dove dovrebbe collocare il suo strumento, ed in luogo di osservare l'angolo B A C, ottiene l'angolo B D C (fig. 20) da cui può dedurre il primo. Questa correzione è indicata sotto il nome di *riduzione* dell'angolo al *centro* della stazione.

Sia l'angolo osservato B D C $=$ D.
L'angolo incognito B A C $=$ A.

$$AD = r;\ BDA = y;\ BA = L;\ CA = L';$$

Ricordando che l'angolo esterno B m C d'un triangolo D m C è eguale alla somma dei due interni opposti, si ha:

$$B\,m\,C = D + A\,C\,D$$

egualmente:

$$B\,m\,C = A + A\,B\,D$$

eguagliando questi due valori si ottiene:

$$A = D + A\,C\,D - A\,B\,D.$$

Da un altro lato si ha:

$$\text{sin. } A\,C\,D = \frac{r.\ \text{sin. } (D + y)}{L'}$$

$$\text{sin. } A\,B\,D = \frac{r.\ \text{sin. } y}{L}$$

Ma gli archi A C D, A B D essendo sempre molto piccoli, i loro seni

possono essere scambiati pegli archi stessi, dal che:

$$A = D + \frac{r.\ \text{sin.}\ (D + y)}{L'} \frac{r.\ \text{sin.}\ y}{L}$$

ovvero:

$$A - D = \frac{r.\ \text{sin.}\ (D + y)}{L'} \frac{r.\ \text{sin.}\ y.}{L}$$

In questa eguaglianza, i termini del secondo membro esprimeranuo in parti lineari di raggio la differenza degli archi che misurano gli angoli A C D, A C D. Dove si voglia ch' essi esprimano dei secondi, si dovrà cercare quanti secondi possa contenere questo raggio. Sia R' questo numero, allora si avrà:

$$A - D = \frac{R' r\ \text{sin.}\ (D + y)}{L} - \frac{R' r\ \text{sin.}\ y.}{L}$$

Per avere R' bisogna ricordarsi che se si considera come eguale all'unità il raggio di un circolo, il valore lineare dell' arco eguale ad un grado, sopra questo circolo sarà $\frac{2\,\Pi}{360}$; conseguentemente, il valore di un secondo sarà $\frac{2\,\Pi}{360 \times 3600}$, e il raggio conterrà $\frac{360 \times 3600}{2\,\Pi}$ secondi. Effettuando questo calcolo trovasi R' = 206 363', 8 = 57° 17 44" 8, il cui logaritmo è 5,314 4251.

Quando D + y diventerà più grande di 180°, il primo termine sarà da sottrarsi. Se y è più grande di 180°, il secondo termine sarà da aggiungersi in luogo di sottrarsi.

Dopo aver indicato sommariamente i mezzi usati per misurare le linee e gli angoli, entreremo in qualche particolarità sul modo di formare la mappa, o la pianta di una contrada.

Per determinare le posizioni respettive dei principali punti di una pianta, si suppone ch' essi sieno riuniti tre a tre per via di linee che formino una rete continua. Di maniera che in ogni triangolo basta misurare un dei lati, che dicesi la base, e i due angoli adiacenti, per essere in grado di determinare il terzo punto. Nelle operazioni che risguardano le strade, si prende per base, o linea delle operazioni, l'asse medesimo, quando esso è fissato sopra il terreno; e per via del grafometro si può determinare, rispetto a due punti di questa base, la posizione di un terzo punto fuori della via. Bisogna, per quanto sia possibile, che i triangoli che si costruiscono così, sieno presso a poco equilateri, altrimenti i lati tagliandosi sotto angoli troppo acuti, il loro punto d' incontro, quando si delinea la pianta, non torna ben determinato.

Per evitare questo inconveniente si usa anche di un altro metodo. Quando i punti che si vogliono unire alla base non sono troppo lontani, da questi punti si abbassano delle perpendicolari sull' asse col mezzo della squadra dell' agrimensore. Il punto dov' esse vanno ad incontrarsi essendo determinato, e la loro lunghezza misurata, ciò basta per fissare la loro posizione.

L'ingegnere costruttore di strade può essere incaricato di piante di grande estensione, e di piante limitate. Le prime non hanno bisogno della stessa esattezza delle seconde; d'altronde si può quasi sempre servirsi delle Carte cadastrali, che si trovano deposte presso i Comuni.

Le piante particolari, al contrario, devono essere rilevate colla più grande esattezza, indicare i limiti respettivi dei terreni, la loro natura, le differenti specie di coltivazione, ed il nome dei proprietarii.

QUADRO delle scale metriche ordinariamente usate pel servizio dei ponti e strade.

LORO RAPPORTI CON L'OGGETTO RAPPRESENTATO		APPLICAZIONE
in cifre	in nuove misure	
1/200	1 centimetro per 2 metri.	Per i profili trasversali delle strade, e le piante.
1/500	1 centimetro per 5 metri.	Le piante dei Comuni, la cui lunghezza non ecceda i 500^m. Le piante d'agrimensura o particolari.
1/1000	1 centimetro per 10 metri.	I profili longitudinali delle parti di strada per le vie traverse dei Comuni. Le piante dei Comuni dai 500 ai 1000^m.
1/2000	1 centimetro per 20 metri.	I profili longitudinali dei progetti di strade. Le piante dei Comuni dai 1000 fino ai 2000^m di lunghezza.
1/5000	1 centimetro per 50 metri.	Le piante di progetto di strada. Le piante dei Comuni dai 4000^m fino ai 5000 di lunghezza.
1/10,000	1 centimetro per 100 metri.	Piante dei comuni al di sopra di 500 metri di lunghezza.

Delle pendenze e delle rampe in un progetto di strada.

Dopo aver adottato, dietro i principii accennati, il tracciato della strada secondo la pianta, dopo aver fatto e riferito i profili longitudinali e trasversali, resta ancora lo studio teorico del progetto; ed allora incomincia il lavoro *al tavolo*, o di gabinetto, il quale non ha meno d'importanza che le stesse osservazioni grafiche effettuate precedentemente sopra il terreno.

Il primo oggetto di questo studio è il tracciato delle pendenze e delle rampe, secondo il profilo longitudinale. Noi non considereremo adesso che la migliore disposizione da darsi alle pendenze, nei limiti compatibili col tracciato già fatto.

Il terreno essendo ordinariamente ondulato nella direzione dell'asse, è facile

comprendere che la strada non può seguirne tutte le inflessioni, quand' anche le pendenze e le rampe ch'esse presentano non oltrepassassero il limite massimo dell' inclinazione che si vuole adottare. Facendo anche astrazione dal cattivo effetto che produrrebbe una disposizione simile, ne risulterebbe anche un grave inconveniente per lo scolo dell' acqua. Di più, si andrebbe lungi da una delle condizioni essenziali d' un breve tracciato, opponendo ai ruotabili una somma considerevole di altezze da superare. Ne segue da ciò, che si devono stabilire delle inclinazioni regolari della più grande lunghezza possibile, per le quali domandasi una minor quantità di lavoro per innalzarsi da un punto inferiore ad uno superiore. Per la qual cosa, dove p. e. si debba elevarsi di tre metri sopra una lunghezza di cento, sembra più vantaggioso di stabilire una pendenza regolare di 0,03 per metro, di quello che stabilirne una di metri 0,01 sopra cinquanta metri, e una di 0,05 sopra i cinquanta altri metri. Noi non applicheremo questo metodo che a una piccola lunghezza. Ciò non è in contraddizione con quanto abbiamo detto intorno al vantaggio che vi ha nello stabilire nello studio del tracciato una certa relazione fra la diminuzione delle pendenze e la decrescenza della forza di traimento dei cavalli, qualora vi abbiano grandi pendenze da superare.

Per determinare una di queste pendenze si scelgono sul profilo longitudinale due punti, quali si uniscono con una retta; ed è seguendo questa linea che si stabilisce l' asse del progetto, verso però la condizione che la inclinazione non sia troppo forte.

La scelta di questi due punti è determinata dalla considerazione dell' economia nei movimenti di terra, vale a dire che la retta che gli unisce debba allontanarsi il meno possibile dal profilo del terreno.

Tali considerazioni sommarie fanno vedere che la scelta del profilo longitudinale del progetto, che potrebbe anche dirsi tracciato in profilo, è soggetta a certe regole, come il tracciato in pianura, del quale abbiamo parlato altra volta.

Quello fu fatto di modo da accostarsi il più possibile al *minimum* della lunghezza del cammino, ed al *minimum* delle altezze da vincersi; in questo è d' uopo proporsi di ottenere: 1.° il miglior percorrimento possibile, vale a dire il più facile pei ruotabili, e nel tempo stesso il più vantaggioso per la futura manutenzione della strada; 2.° la minima spesa di costruzione, sotto al rapporto delle colmate.

I mezzi onde pervenire a soddisfare all' ultima di queste condizioni essendo basati sui metodi di calcolo degl' interrimenti, ch' esporremo più tardi, ci limiteremo per ora a presentare alcuni sviluppi generali intorno alle prime, che sembrano del resto poco suscettibili di una soluzione rigorosa col calcolo. D' altra parte, quand' anche si determinasse di una maniera precisa il profilo longitudinale che dà la più grande facilità di percorrimento e di manutenzione, la soluzione non potrebbe essere riguardata che come un limite cui si cercherebbe accostarsi in ogni caso particolare, ma che non si raggiungerebbe giammai, senza una considerevole spesa. Si comprende in fatti che quando il tracciato della pianta è stabilito, le pendenze e le rampe non possono variare che dentro a limiti assai ristretti, dove si vogliano evitare grandi movimenti di terra. Le riflessioni che seguono non hanno dunque per iscopo di porgere un mezzo di soddisfare rigorosamente alle prime condizioni, ma soltanto di mettere in grado di approfittare di quelle circo-

stanze favorevoli che permettano di accostarvisi, e, sopra tutto, di evitare gli errori grossolani che si riscontrano nel profilo di alenne strade.

Le inclinazioni più vantaggiose al loro mantenimento sembrano esser quelle di uno a dne centimetri per metro. Queste sono sufficienti onde permettere uno scolo pronto alle acque, nè sono tanto forti perchè il suolo della strada ne vada guasto e l'aggregazione dei materiali distrutta: inconveniente d'altronde gravissimo per le strade acciottolate nel momento delle pioggie dirutte.

Da un altro lato, una strada perfettamente orizzontale sembra offrire ai veicoli il più facile percorrimento. Queste due condizioni paiono adunque, a primo tratto incompatibili, ma l'esperienza dimostra che ciò non è. Se una strada è in tutta la sua estensione perfettamente orizzontale, in luogo di essere ondulata da pendenze e contro-pendenze p. e. di uno o due centimetri, il fatto dimostra che le rotaie non supportano per questo pesi più gravi, poichè vi è poca perdita di lavoro a montare per discendere, quando le pendenze sono piccole. Alcuni impresarii di trasporti pretendono anzi che i cavalli adoperati sulle strade leggermente accidentate, si portino meglio, facendo lo stesso lavoro di quelli impiegati sulle strade piane. Di maniera che in quel progetto nel quale si fosse adottata la perfetta orizzontalità non vi sarebbe sempre il maggior vantaggio.

Furono fatte alcune esperienze sul decrescimento dei pesi trasportati sulle vie ordinarie, secondo il loro grado d'inclinazione, quali diedero i risultamenti che seguono:

Rampa, per metro	Peso trasportato
0,000	11,000 chilog.
0,010	9,900 ch.
0,020	8,955 ch.

Dal che si deduce che il carico in piano deve esser diminuito di un decimo, sopra una rampa di un centesimo; e di circa un quinto sopra una rampa di un cinquantesimo. Per lo che si potrebbe essere indotti a conclndere che le rampe sono nocive al vetturaggio; ma è da osservarsi che ciò non succede che sopra una strada che presentasse in effetto una rampa di uno o due centimetri dà una estremità all'altra, od almeno sopra una grande lunghezza, ma che avviene altrimenti sopra una strada che presenta alternativamente pendenze e rampe, e che sia percorsa dai cavalli.

Ecco il calcolo che vale a render conto di questo fatto, inoparato da vetturali provetti. Dove si supponga che la forza di traimento sulle vie acciottolate sia di un ventesimo del peso trasportato, compresa la vettura (vale a dire che un cavallo che trascina 1200 chilog. p. es. debba fare uno sforzo, o esercitare col suo tiro una pressione eguale a 60 chilog.) una rampa di 3 centimetri per metro aggiungendo a questo sforzo circa $\frac{1}{34}$ del medesimo peso (1) aumenta il tiro stesso nel rapporto di $\frac{1}{20}$ a $\frac{1}{20}+\frac{1}{34}$, ovvero di 2, a 3,20; vale a dire che i cavalli saranno obbligati per superare la rampa di fornire uno sforzo addizionale di un poco più della metà di quello che esercitano nel

(1) Per comprendere come l'inclinazione della strada aumenti lo sforzo del tiro, si deve osservare, che in questa circostanza, il peso totale della vettura si decompone in due parti, l'una perpendicolare alla rampa, l'altra parallela; ed è quest'ultima che si aggiunge direttamente allo sforzo ordinario di traimento proveniente dagli attriti, ecc. Ed il calcolo dimostra che per inclinazioni assai piccole, come lo sono per solito quelle delle strade, essa è approssimativamente eguale al prodotto del peso totale per la inclinazione. Così nel caso di un peso di 800 chilog. e di una inclinazione di 0,03, essa sarebbe rappresentata da $0,03 \times 800 = 24$ chilog.

piano, e l'esperienza ha insegnato ch'essi possono farlo anche al di là, senza spossarsi; sempre che quest' azione non sia di troppo lunga durata (1).

I limiti dello sviluppamento delle forze del cavallo hanno anche una maggiore estensione di quello che si supponga Così il cavallo, che fa abitualmente sopra una strada in piano uno sforzo di 70 chilog. al *maximum*, ne farebbe uno di circa 112 chilog. sopra una rampa di due a tre centimetri; mentre l'esperienza insegna ch'esso è capace di esercitare, per alcuni istanti, un traimento equivalente a 400 chilogrammi. Da ciò avviene che l'impresario di trasporti non prende mai cavalli da gran tiro fuorchè per le rampe che oltrepassano i tre centimetri. e che ciò nondimeno sulle strade dove non gli è facile di rinvenirne, e per le quali può prendere un rinforzo senza troppe spese, egli fa il suo carico come lo farebbe sopra una strada piana.

Ma come s' incontrano rade volte strade di quest' ultima specie di una grande estensione, si potrebbe obbiettare che s' ignora fino a qual punto la vettura sopporterebbe i carichi, se questa circostanza si presentasse; e qui bisogna osservare che esistono nella costruzione dei veicoli certe condizioni di solidità, di durata e di leggerezza da cui non si può allontanarsi senza incorrere in gravi inconvenienti; e che queste condizioni non permettono di dare ad essi una resistenza indefinita. Così una vettura destinata per quattro robusti cavalli, non può essere costruita di modo da portare oltre 5,000 chilogrammi; eppure si trasporta questo peso sopra strade che non sono altrimenti orizzontali. Aggiungasi a questa difficoltà, quella di non poter trovare che molto difficilmente cavalli abbastanza robusti da mettere alla stanga.

Qualora si considerino tuttavia le deboli pendenze sotto il rapporto della velocità, piuttosto che sotto a quello del trasporto, trovasi ch' esse hanno ancora un vantaggio. La sollecitudine acquistata nella discesa, e che non ha faticato altrimenti il cavallo, basta essa sola per far vincere alla vettura una buona parte della rampa opposta, ed il cavallo altro non ha da fare che da seguir questo impulso: esso esercita i suoi garetti ed i suoi polmoni, ma i muscoli contrattori si riposano. I vetturali inglesi sembra che conoscano molto bene questa legge della meccanica: essi discendono le colline di gran trotto, e montano al galoppo una buona parte della rampa opposta. Quando tutta la velocità acquistata è spesa, eglino moderano i loro cavalli, e li lasciano soffiare. — Si troverà una prova forse ancora più evidente di questo fatto sulle strade a dolci pendenze, e nei trasporti effettuati col mezzo delle vetture ad un solo cavallo. Quasi tutti i commissionarii dei trasporti hanno riconosciuto che questo è il modo migliore di tutti, e se esso non è generalmente seguito, ciò dipende dalla differenza delle strade che non lo permette. — Sopra quelle a dolci pendenze, o che di raro presentano delle erte ripide, il veicolo ad un cavallo ha un vantaggio notabile; sopra quelle montuose, al contrario, le mute gagliarde hanno la superiorità. La differenza sta in ciò, che sulle prime i cavalli possono facilmente fornire la forza addizionale per superare le rampe deboli, ma dove si presenti un erta ripida, il conduttore delle vetture a un cavallo non ha altra alternativa che

(1) La conoscenza esatta di questo sviluppamento di forza addizionale, e del tempo durante il quale i cavalli ne sono capaci senza spossarsi, potrebbe fissare la inclinazione e la lunghezza massima delle rampe da adottarsi per le strade.

di prendere dei cavalli di condotta o di raddoppiare il numero dei suoi, lasciando al piede della rampa la metà delle vetture ch'esso conduce (perchè ordinariamente un uomo solo ne guida più di una). Ma in questo caso, prendendo un cavallo di condotta, si ha un eccesso di forza, che si è obbligati di pagare a pura perdita. Raddoppiando le mute, il ritardo che si prova viene a rappresentare il danaro che si spenderebbe pei cavalli forestieri; e tanto in un modo come nell'altro, se lo stesso inciampo si presenta sovente, questo dà origine ad una spesa considerevole. Le mute di quattro a cinque cavalli, al contrario, possono superare la collina coll'aggiunta di un cavallo, od al più di due, e la spesa è proporzionalmente minore che non nel primo caso. Per la qual cosa, le case di commissione per i trasporti adottano l'uno o l'altro modo, secondo la qualità delle strade da percorrersi.

Il vantaggio delle vetture ad un cavallo tiene a due cause principali: la prima è quella che un cavallo solo cammina più presto di parecchi aggiogati ad una medesima vettura, e che la differenza è di circa 1/8 nella strada percorsa giornalmente. La seconda sta in ciò, che gli sforzi di molti cavalli non essendo coordinati, quando essi tirano insieme, non possono trascinare individualmente che un peso inferiore a quello che trascinerebbe un cavallo solo, e la differenza in quest'ultimo caso è di circa 1/5.

Concluderemo, dietro le premesse considerazioni, che l'esperienza ha dimostrato che le rampe dolci, cioè fino ai tre centimetri circa, non sono nocive ai ruotabili, e che si può raggiungere questo limite tutte le volte che il terreno lo permetta.

Qualora impertanto, in un profilo longitudinale, la inclinazione naturale non oltrepassa dai due ai tre centimetri per metro, si devono considerare non solamente come spese inutili, ma come nocive alla manutenzione, tutti i movimenti di terra che si facessero per la loro riduzione.

Sebbene tutti i particolari nei quali siamo entrati non abbiano un rigore matematico, essi bastano non pertanto a determinare la scelta delle pendenze e delle rampe da preferirsi nelle circostanze speciali che si possono presentare.

Dei profili trasversali delle strade.

Le strade variano di larghezza secondo la loro importanza e quantità dei frequentatori; ma nulla vi ha di bene determinato a questo proposito dai regolamenti amministrativi in Francia. Fu proposto tuttavia di stabilire, secondo le differenti classi e le parti di una strada, i rapporti che seguono:

Classi	Fossati	Marciapiedi	Argini	Larghezza totale, non compresi i fossati
1.ª	2 metri	6,66	6,66	20
2.ª	2	5,00	6,60	12
3.ª	1,50	2,55	5,00	10
4.ª	1,00	1,50	5,00	8

Le strade di 1.ª classe sono quelle che, partendo dalla capitale, attraversano il territorio francese, e comunicano senza interruzione con le città principali dei paesi stranieri.

Quelle della 2.ª classe partono dal centro del regno, e mettono a un capo-luogo del dipartimento.

Le comunicazioni da capo-luogo a capo-luogo, da una grande comune ad un' altra, e da quest' ultima a una strade di 1.ª classe, costituiscono quelle della terza classe.

Finalmente, si possono collocare nella quarta, le strade di comunicazione vicinale, chiamate anche strade di grande comunicazione.

La larghezza che sembra più conveniente per tutte le strade costruite nell' interno della Francia, e che non sono straordinariamente frequentate, è quella attribuita alle strade di terza classe. Sopra una strada che non ha che 8 metri di larghezza, è impossibile collocare i materiali di manutenzione sui marciapiedi, senza imbarazzare la circolazione; e bisogna allora aver ricorso a delle baracche situate fuori della strada per farne una specie di depositorii: lo che costa quasi altrettanto quanto l' aumentarne la larghezza totale di due metri. Queste baracche in fatti non possono essere molto lontane, altrimenti il trasporto dei materiali, per opera dei guardiani, diverrebbe troppo costoso.

La larghezza dei fossati può variarsi con minor tema d'inconvenienti che non avvenga per le altre parti della strada. Quando essi non sono destinati che a ricevere una piccola quantità d' acqua, la loro sezione può essere diminuita; ed in alcuni casi, come nei grandi movimenti di terra, vi può essere una economia a farli.

L'area superiore della strada presenta ordinariamente una superficie convessa, di una maggiore o minore arcuazione. Lo scopo nel darle questa forma è di procurare lo scolo delle acque pluviali da una parte e dall' altra della via. Questa condizione essenziale dello scolo, obbliga, per quanto è possibile, di tenere il suolo

della strada più elevato di quello del terreno naturale; basta che i fossati conducano le acque verso i punti dov'esse trovino un facile sfogo sulle terre vicine.

Per ottenere più facilmente questo scolo, s'inclinano i marciapiedi verso il fossato; e questa pendenza trasversale viene determinata in parte da quella della via, seguendo il suo asse longitudinale. Quest' ultima deve sempre esser minore di quella del marciapiede, affinchè le acque percorrano una distanza minima sul piano della strada, che deteriorano sempre più o meno.

Ciò nulla ostante la pendenza trasversale non può guari variare oltre a ristrettissimi limiti. Essa è, per le strade inghiaiate di 4 centimetri per metro; e solamente di 2 per quelle lastricate; e non potrebbe, senza inconvenienti, oltrepassare i 5 contimetri nel primo caso, ed i tre nel secondo. Un' arcuazione troppo forte ha il grande scapito di richiamare tutte le vetture sull' alto della strada, dove producono più facilmente dei solchi.

Lo spessore della strada è ordinariamente uniforme in tutta la sua larghezza; l'arcuazione della superficie superiore è d' un cinquantesimo della larghezza, vale a dire che il suo profilo è un arco di cerchio sotteso da una corda eguale a questa larghezza, avente nel mezzo una freccia eguale al cinquantesimo della corda, ai dieci centimetri, per esempio, per cinque metri di larghezza. Il terreno è tagliato secondo questa stessa curvatura a venticinque, trenta o trentacinque centimetri al di sotto della cima dell' argine, se tale è lo spessore che si divisa di dargli.

Le scarpe dei fossati sono per sollto a 45°, vale a dire d'un metro di base per uno d' altezza; tuttavolta questa inclinazione può variare secondo la natura del terreno. Quello di rialzo, costituito da terre portate di fresco, soffre una pendenza di un mezzo di base per uno di altezza.

Calcolo dei lati segnati in rosso, o punteggiati.

Qualora adottasi in un progetto un sistema di pendenze o rampe, lo che costituisce un profilo longitudinale, devesi cercare di quanto ogni punto di questo nuovo profilo si trovi al di sotto o al di sopra dei punti corrispondenti del terreno; ovvero, ciò che torna eguale, calcolare i lati del progetto che si dicono i lati *rossi*.

Supponiano che nel profilo n.° 1 (fig. 21) la linea del progetto sia stabilita ad 1,50 al di sotto del terreno, ed a 2,13 al di sopra. Nel profilo n.° 4, i lati rossi saranno in questi medesimi punti: 51,50 e 54,14, la cui differenza è 2,64; così la pendenza totale del profilo n.° 1 al profilo n.° 4 è 2,64. La distanza essendo 60^m, la pendenza per metro è

$$\frac{2,64}{60} = 0,044.$$

Per avere i lati rossi nei profili intermediarii, si dispongono le cifre come segue:

Lato rosso al punto di partenza 51,500
Quantità di cui il progetto discende per 20^m, in ragione di 0,044 per 1 m. 0,880

Lato rosso nel profilo n.° 2. . . . 52,380
Quantità di cui il progetto discende per 15^m. 0,660

Lato rosso nel punto del n.° 53,040
Quantità di cui il progetto discende per 25^m. 1,100

54,144.

Si ha sempre l' avvertenza di calcolare l'ultimo lato rosso, bench'esso sia dato a *priori*, perchè ciò serve di verificazione. Se il progetto procedesse montando, bisognerebbe sottrarre in luogo di aggiungere le quantità delle quali si ascende fra ogni profilo; così partendo, per esempio, dal profilo n.° 4, si farebbe il calcolo come segue:

Lato rosso al profilo n.° 4 54,14
Quantità di cui il progetto ascende per 25 1,10

Lato rosso nel profilo n.° 3. . . . 53,04
Quantità di cui il progetto ascende per 15 0,66

Lato rosso nel profilo n.° 2. 52,38
Quantità di cui il progetto ascende per 20 0,88

Lato rosso nel profilo n.° 1. . . . 51,50.

Allorchè si sono ottenuti i lati rossi del profilo longitudinale del progetto, la loro differenza coi lati neri corrispondenti, indica quindi di quanto il progetto è in difetto od aumento di movimenti di terra, e queste quantità si notano al di sotto o al di sopra del terreno, secondo il caso di colmata o di scavo.

Il profilo trasversale, o la forma della strada una volta determinata, la si traccia sul profilo trasversale del terreno, stabilendo, per es., il punto di mezzo a met. 1,50, al di sotto del punto mediano del terreno per il profilo n.° 1; a 0,78 per il profilo n.° 2, ecc., e si calcolano i lati rossi allo stesso modo come per il profilo longitudinale.

Terminate queste operazioni preparatorie, trattasi di valutare il solido degli interrimenti da effettuarsi, per dare alla strada la forma indicata dai profili trasversali.

Per ben comprendere tuttociò che saremo per dire intorno a questo calcolo, bisogna figurarsi nello spazio i profili trasversali nel loro piano verticale perpendicolare al piano del profilo longitudinale, ai punti marcati 1, 2, 3 4. Si

vede subito che fra i profili n.° 1 e n.° 2, la linea del progetto si trova costantemente al di sotto del terreno, e che in conseguenza devesi innalzare il terreno stesso in tutto lo spazio compreso fra i piani verticali di questi due profili e le linee che limitano la strada nel senso della larghezza; le quali sono determinate dalla intersezione dei piani delle scarpe esteriori dei fossati col terreno. Nel profilo n.° 1, la lettera A designa uno dei punti di questa intersezione; nel profilo n.° 2 la lettera C ne designa un secondo. Si suppone che questa intersezione sia in linea retta, e questi due punti bastano per determinarla. Projettando i punti A e C in A' e C', sul piano di comparazione, la projezione della linea di cui parliamo, sul medesimo piano, sarà rappresentata da A' C', a destra della strada, poichè noi supponiamo ch'essa proceda nel senso dei numeri; la linea B' D' rappresenterà del pari la projezione della intersezione delle scarpe esteriori col terreno. Queste linee rette portano il nome di linee di *passaggio* o linee *azzurre*, perchè si è soliti di tracciarle con l' inchiostro *bleu* nel disegno della strada.

Noi possiamo dunque dire che tutta la superficie da riordinarsi si projetta, fra i due primi profili, sul quadrilatero A' B' D' C', ovvero (dove non si consideri che la metà a sinistra della strada, dacchè si opererà egualmente per quella a destra) che la superficie da rimuoversi si projetta sul trapezio A' C' (2) (1).

Osserviamo tuttavolta che, nei profili trasversali, i punti T T T .... sono stati scelti perchè il terreno poteva essere considerato come in linea retta dall' uno all' altro; ma quand'anche ciò fosse perfettamente giusto, tali profili non indicano che la posizione dei punti del terreno compresi nel loro piano e la posizione di quelli che sono al di fuori.

Ciò non di meno com'è impossibile riferire tutti questi punti al piano di comparazione, poichè essi sono in numero indefinito, così si è obbligati a starsi paghi di una certa approssimazione. Onde pervenire a valutare il cubo dello sterro da farsi, si ammette che se, a partire dal piano verticale che passa per l' asse, vale a dire a partire dai punti T 1 — T 2, si facesse passare sulle linee (T 1, T 2, A) e (T 2, T 2, C) una riga perfettamente retta, che restasse sempre parallela a questo piano verticale, essa appoggierebbesi costantemente ed in tutta la sua estensione sulla superficie del terreno. Dietro questa ipotesi, si può stabilire la posizione di un punto qualunque di detta superficie. Basterà portare al di sotto del piano di comparazione i lati conosciuti dei punti T ed R, di unire le due estremità con una retta R. T 2 (figura 22 Tav. XLIII) e condurre la verticale R R', che sarà il lato del punto R.

Il solido cercato si trova dunque compreso fra le superficie piane determinate dalle linee del progetto dei due profili trasversali consecutivi e la superficie del terreno, che si suppone generata dalle linee antidette.

Dal profilo 2 al profilo 3 (non considerando che la metà della strada a sinistra) si vede che avvi una parte da sterrarsi ed una da colmarsi. I punti dove ha luogo il passaggio dallo sterramento all'interrimento diconsi *punti di passaggio.* Supponendo sempre alla superficie del terreno la sopradetta linea generatrice, si può facilmente tenere il punto di passaggio ad una distanza qualunque dell'asse, o sull' asse stesso. Questo punto per l' asse è designato da P, nel profilo longitudinale. Nei triangoli simili P T 2 *t* 2, P P 2 *t* 2 rappresentandosi per *d* 2 il lato

rosso T 2 t 2, e per r 2 quello di T 2 t 2 abbiamo:

$$d\,2 : r\,2 :: P\,t\,2 : P\,t\,2;$$

ma designando per x la distanza orizzontale del profilo n.° 2 al punto di passaggio, abbiamo:

$$P\,t\,2 \,.\, P\,t\,2 :: x : l\,2 - x$$

dal che si deduce:

$$d\,2 : r\,8 :: x : l\,2 - x,$$

ovvero:

$$d\,2 : d\,2; \times r\,8 :: x : l\,2.$$

e, per la distanza dal punto di passaggio al profilo dello sterramento:

$$x = \frac{l\,2\,d\,2}{d\,2 + r\,2};$$

la' distanza nel profilo d' interrimento sarebbe evidentemente:

$$l\,2 - x = \frac{l\,2\,r\,2}{d\,2 + r\,2}$$

ed applicando le cifre indicate sopra la figura,

$$x = \frac{15 \times 0{,}78}{1{,}34} = 3{,}^m45$$

Non si calcolano ordinariamente i punti di passaggio che alle inflessioni del terreno T 2 T 2, T 3 T 3, ed a quelle del progetto t 3 t 3, e si ottiene così una linea spezzata P′ P″ P‴ P$^{\text{iv}}$, che rappresenta il seguito dei punti di passaggio. Tuttociò che è a destra di questa linea fino al profilo n.° 3 è d' interrimento, e tutto ciò che è a sinistra fino al profilo n.° 2, è di sterramento.

Arrivati al punto P$^{\text{iv}}$, sul piede della scarpa interna del fosso, si deve cercare il punto di passaggio che corrisponde al punto E. Per ottenerlo, bisogna fare attenzione che si scavino sempre i fossi secondo la pendenza del progetto, senza darsi pensiero se la strada sarà da rialzarsi nel profilo seguente. Onde avere il punto di passaggio bisogna dunque immaginare un fosso nel profilo n.° 3, e combinare il lato E G con F H in luogo di L H, come parrebbe a prima giunta: lo che darà un punto P$^{\text{v}}$. Egualmente, i punti E′ ed F′ daranno P$^{\text{vi}}$, la linea P$^{\text{v}}$ P$^{\text{vi}}$ indicando la intersecazione del fondo del fosso col terreno naturale. Il punto P$^{\text{vi}}$ essendo unito col punto C′ darà la proiezione della linea d' intersecazione della scarpa esteriore del fosso col terreno. Il punto I, o la sua proiezione I′ limitano, nel profilo n.° 3, il terreno occupato secondo il progetto. Si suppone che da I′ a P$^{\text{v}}$ il piede della scarpa segua la retta P$^{\text{v}}$ I^{1}, la sua sommità essendo P$^{\text{iv}}$ K.

Risulta da tuttociò che la porzione della superficie di terreno compresa fra il profilo n.° 2, e la linea spezzata P′ P′ P‴ P$^{\text{iv}}$ P$^{\text{v}}$ C′ è di sterramento, quella compresa fra la stessa linea e il profilo n.° 3, d' interrimento.

Decomponendo il cubo totale degli scavi in altrettante parti in quante abbiamo decomposto i profili per cercare i punti di passaggio, si riconosce che ciascuno di questi cubi si proietta secondo un trapezio tale come Q P″ P‴ S; che nel senso verticale, esso è limitato dal piano del profilo, e dai piani S P‴, Q P; al di sopra dalla superficie del terreno; al di

sotto dal piano della strada. L'ultimo cubo si proietta solo secondo un triangolo V P''' C';

Relativamente agl'interrimenti, si riconosce la medesima cosa; ma il cubo situato all'estremità si trova proiettato secondo un quadrilatero, K I' Pᵛ P'''.

Se noi consideriamo ciò che avviene fra il profilo 1 e 2, operando una decomposizione analoga, troviamo ancora che il solido totale si compone di cubi parziali proiettantisi secondo parallelogrammi o trapezii V C' A' X.

Saremmo dunque al caso di calcolare tutti i cubi che possono presentarsi in una strada, qualora conoscessimo l'espressione di un cubo compreso fra quattro piani verticali $a\,b\,a'\,b'$, $a\,d\,a'\,d'$, $d\,c\,d'\,c'$ $c\,b\,c'\,b$ (fig. 23); un piano inclinato all'orizzonte $a\,b\,c\,d$, ed una superficie a sinistra $a'\,b'\,c'\,d'$.

Si dimostra che quando il quadrilatero $a\,b\,c\,d$ si cambia in un rettangolo, si ha, designando per P la proiezione di questo rettangolo sul piano orizzontale; per $h\,h'\,h''\,h'''$, i quattro spigoli verticali, che non sono altra cosa che i lati compresi fra il progetto e il terreno; e per V il volume:

$$V = P\,\frac{h + h' + h'' + h'''}{4}$$

ed applicando questa formola al cubo che si proietta sul rettangolo (1) (2) Q Y; e designando per h, h', h'', h''', i quattro spigoli verticali, per m la larghezza del rettangolo, abbiamo:

$$V = l\,1\,m\,\frac{h + h' + h'' + h'''}{4} = \frac{1}{2}\left\{\frac{m\,(h + h')}{2} + \frac{m\,(h'' + h''')}{2}\right\}$$

ma i due termini fra parentesi esprimono le superficie delle porzioni del profilo T 1 R 1 t 1, e T 2 T 2 t 2 t 2. Si dimostrebbe la stessa cosa per tutti i cubi parziali, ad eccezione di quello che si proietta sul triangolo C' Z A'.

Così per avere una prima parte del cubo compreso fra i due profili di sterramento, si calcolerà la superficie intiera del meno largo di essi, e la parte di superficie della stessa larghezza (1) Z dell'altro, e basterà moltiplicare le somme per la semi-distanza.

Resta, per avere il cubo intiero, da valutarsi la porzione triangolare. Si potrebbe calcolarla come una piramide, avente per base il piccolo triangolo S; allora il suo volume sarebbe:

$$S.\,\frac{l\,1}{3},$$

Ma come ordinariamente questa porzione è assai piccola, si aggiunge la superficie S alla prima parte della superficie del profilo, e la si combina con la superficie del profilo seguente, come abbiamo detto per la prima porzione del cubo; vale a dire che, dove si prenda S $\frac{l\,1}{2}$ in luogo di prendere S $\frac{l\,1}{3}$, secondo la formula che si adotta quando la superficie S è poco considerevole, sarà, designando per D 1 la superficie del primo profilo, e per D 2 quella del secondo:

$$V = l\,1\,\frac{D\,1 + D\,2}{2}.$$

Se in luogo di esser di sterramento i due

profili fossero d'interrimento, egli è evidente che si opererebbe in modo eguale, mentre la sola differenza starebbe nella superficie del terreno, la quale si troverebbe al di sotto in luogo di essere al di sopra di quella della strada.

Designando per V' il volume degl'interrimenti, e per R 1 R 2 la superficie dei due profili consecutivi, si avrebbe di interrimento :

$$V' - l\,\frac{R_2 + R_1}{2}\,.$$

e l' errore commesso sarebbe :

$$\frac{l_1}{12}\,(l' - l'')\,(r'' - r'),$$

espressione nella quale $r'' - r'$ sarebbe la differenza dei lati allo spigolo di ragguagliamento.

Quando vi ha passaggio da sterramento ad interrimento, siccome il calcolo per determinarlo è lungo, così si sostituisce a quello nell' uso un mezzo più spicciativo, vale a dire si calcola p. es. la superficie parziale T 2 T 2 t_2 t_2 del profilo n.° 2, e la si moltiplica per la metà della distanza mediana alla linea P' P'' di passaggio; ovvero, se giova meglio, il solido da scavarsi che si proietta sul trapezio (2) P' P'' Q, viene considerato come un prisma, avente per base la superficie T 2 t_2 t_2 T 2, e per altezza la distanza media da questa base alla linea di passaggio.

Abbiamo già detto come si trovino i punti di passaggio. Quello della linea situata ad eguale distanza dai punti T 2 T 2 verrà dunque dato da :

$$x = \frac{l_2\left(\frac{h' + h''}{2}\right)}{\frac{h' + h''}{2} + \frac{r + r}{2}}$$

d' altronde la superficie T 2 T 2 $t_2\,t$ $= m\left(\frac{h'' + h'''}{2}\right)$, e, dietro a quanto abbiamo detto, il volume dello sterramento sarà dato da :

$$V = \frac{m}{2}\cdot\frac{h'' + h''}{2}\cdot\frac{l_2\left(\frac{h'' + h'''}{2}\right)}{\frac{h'' + h''}{2} + \frac{r + r'}{2}} = \frac{l_2\,m}{2}\,\frac{\left(\frac{h'' + h'''}{2}\right)^2}{\frac{h'' + h'''}{2} + \frac{r + r'}{2}},$$

ovvero, moltiplicando alto e basso per m

$$V = \frac{l\;2}{2}\,\frac{m^{2}\left(\frac{h' + h'''}{2}\right)^{2}}{m\,\frac{h'' + h'''}{2} + m\,\frac{r + r'}{2}} = \frac{l\;2\quad D^{2}}{2\,(D + R)}$$

chiamando D ed R le superficie di sterramento e d'interrimento comprese fra i piani paralleli. Pegl' interrimenti, basta cambiare R in D, e viceversa.

Tanto nel caso di passaggio, come negli altri, bisogna sempre conoscere le superficie dei profili. Ma è da notarsi che nel primo caso non si può aggiungere tutte le superficie parziali risultanti dalla decomposizione, perchè le altezze dei diversi prismi che compongono gli aterramenti e gl' interrimenti variano l'una dall' altra.

Le formole usuali sono dunque:

1.° Quando due profili consecutivi sono intieramente di aterramento: chiamando D, D′ le superficie totali di cadauno di essi:

$$(1) \qquad V = \tfrac{1}{2}\,(D + D')$$

2.° Quando essi sono d' interrimento, chiamando R e R′ le superficie totali di cadauno d' essi:

$$(2) \qquad V = l^{\frac{1}{2}}\,(R + R')$$

3.° Quando uno dei profili è di scavo l'altro di rialzo, chiamando D 1 ed R 1 le porzioni di superficie di cadauno di essi compresa fra le parallele si ha:

(3) pegli sterramenti

$$V_1 = \tfrac{1}{2}\,\frac{D_1^{2}}{D_1 + R_1}$$

(4) pegli interrimenti

$$V'_1 = \tfrac{1}{2}\,\frac{R_1^{2}}{D_1 + R_1}$$

Il calcolo della superficie dei profili trasversali non offre alcuna difficoltà, una volta ottenuti i lati rossi corrispondenti ad ogni piegatura del terreno, o del progetto. Queste superficie si decompongono in una serie di trapezj o di triangoli, di cui si conoscono le dimensioni.

Le distanze orizzontali A, X o K I (fig. 21) dove le scarpe incontrano il terreno, possono solamente presentare alcune difficoltà.

Tale un calcolo dà luogo a risolvere il problema seguente: Conoscendo la base di un triangolo W X′ e le inclinazioni dei due altri lati, trovar l' altezza A′ X.

Chiameremo BC $= d$ la base data, I la inclinazione della linea del terreno B A, o B A′; x la distanza cercata; t l' inclinazione delle scarpe. Nel caso dei profili di sterramento possono presentarsi le due circostanze della fig. 24, vale a dire che, a partir dalla base, il terreno può essere in declivio od a rampa, ed in quest'ultima condizione abbiamo:

$$x \times I = DB \text{ e } x\,t = DC;\ \text{dunque}$$

$$x\,(t - I) = d,\ \text{ovvero}\ x = \frac{d}{t - I}$$

Vale a dire che, quando l' inclinazione

del terreno è nello stesso senso di quella delle scarpe, si divide il lato d per la differenza delle inclinazioni; quando il terreno è in pendenza si ha:

$x\,t = D'\,C$, $x\,I = B\,D'$, da cui si deduce

$$x = \frac{d}{t \times I}\text{; generalmente, } x = \frac{d}{t \pm I}$$

Nel caso del profilo d' interrimento, si presentano le due medesime circostanze, e si avrà del pari (fig. 25)

$$x = \frac{r}{t \pm I}$$

Gli è facile ricordar queste formole, osservando che si deve dividere il lato rosso, che forma la base del triangolo, per la differenza, quando le inclinazioni corrono nel medesimo senso; e per la somma, quando esse corrono in senso contrario.

Gli esempii numerici soccorrendo molto all'intelligenza dei metodi usati pel calcolo, noi ne abbiamo fatto l' applicazione alla metà dei profili a destra dell'asse della fig. 21.

I.° Calcolo delle superficie.

Nel profilo n.° 1, il lato dell'asse essendo 50, e 50,32 alla prima piegatura del terreno, si prende la differenza di questi due lati: 50,32 — 50 = 0, 32 e la si divide per la distanza che le separa. Si ottiene l' inclinazione per un metro:

$$\frac{0,32}{4} = 0,08$$

che serve a calcolare tutti i lati intermediarii di cui si abbisogna. Per esempio, per aver quella corrispondente all' estremità dell' incassamento, la si moltiplica per 2: lo che da 0,16 da aggiungersi a 50, poichè il terreno è in pendenza. Egualmente, paragonando i lati 50,32 e 52,42: 52,42, — 50,32 = 2,10, la differenza divisa per 3, ovvero

$$\frac{2,10}{3} = 0,70,$$

dà l'inclinazione per un metro di terreno.

I lati del profilo del progetto si ottengono con quella dell' asse, che è 51,50. Ammettesi che il fondo dell' incassamento, in luogo di essere un arco di cerchio (come avviene realmente nella pratica) sia una linea inclinata di 4 centimetri per metro.

Così per il fondo dell' incassamento, dopo il pareggiamento si ha:

$$51,50 + 2 \times 0,04 = 51,58\,;$$

da questo lato si sottra 0,30, che supponesi esser la profondità dell' incassamento, e si ha 51,28 per il lato del pareggiamento, di cui conoscevasi la precedenza l'inclinazione, che abbiamo supposto essere di 0,04 per metro: lo che dà per lo spigolo 51,28 + 2 × 0.04 = 51,36. A quest' ultimo lato aggiungesi la profondità del fossato, che è ordinariamente di 0,50, ed il lato della vôlta diventa 51,86.

Non resta più che da trovare la differenza tra i lati neri e i lati rossi, per avere tutti gli elementi necessarii onde calcolare i trapezii che compongono tutta la superficie del profilo, fino allo spigolo esteriore del fondo del fosso.

Per calcolare il triangolo, la cui sommità è in B, è da osservarsi in primo luogo che le inclinazioni delle scarpe e

del terreno essendo in senso inverso, è d'uopo dividere 1,32 per la loro somma; quella del terreno è 0,70, quella delle scarpe del fosso, che si suppone ordinariamente a 45°, od avente un metro di base per uno d'altezza, è dunque 1; quindi la distanza orizzontale dal punto B è data da:

$$\frac{1,32}{1 + 0,70} = \frac{1,32}{1,70} = 0,77.$$

I numeri, ch'esprimono le diverse superficie, si scrivono facendovi precedere il segno $+$, o il segno $-$ secondo si riferiscono ad una superficie di sterramento o d'interrimento: lo che serve inoltre a non confonderli colle altre cifre.

Il profilo n.° 2 si calcola esattamente come il primo, osservandosi tuttavolta che la decomposizione della sua superficie non è solamente motivata dalle piegature del terreno o del progetto in questo profilo, ma eziandio degli accidenti del profilo che segue; il quale avendo una superficie d'interramento a partire dall'asse, è necessario nel n.° 2 il calcolo d'una superficie della stessa larghezza onde poter pervenire in seguito al cubo.

Il profilo n.° 3 si calcola dietro lo stesso metodo; l'altezza del triangolo, la cui base è 0,56, è data da:

$$\frac{0,56}{0,04 \times 0,53} = 1^m.$$

Nel profilo n.° 4 si suppone la scarpa di interrimento tracciata in ragione di 3 di base per 2 d'altezza, vale a dire che la sua inclinazione è eguale a $\frac{2}{3} = 0,667$.

L'altezza del triangolo, la cui base è 1,61, sarà dunque $\frac{161}{0,667 - 0,02}$; 0,02 essendo la inclinazione del terreno nello stesso senso di quella delle scarpe.

II.° CALCOLO DEI CUBI.

I profili n.° 1 e n.° 2 si trovano appartenere affatto allo sterramento; si può prendere di seguito in cadauno la somma delle superficie parziali, e moltiplicarle per la semidistanza che le separa.

Ciò sarà dunque —

$$\text{Sterramento} = 10\,(7,29 + 5,49) = 127^m.\,80$$

Dal profilo n.° 2 al profilo n.° 3. vi ha passaggio da sterramento ad interrimento; per la prima superficie parziale avremo dunque, per lo sterramento:

$$\text{Sterramento} \ldots \frac{15}{2}\,\frac{(0,83)^2}{0,83 + 0,28} = \frac{15}{2}\,0,62 = 4^m.65$$

$$\text{Interrimento} = \frac{15}{2}\left(\frac{(0,28)^2}{1,11}\right) = \frac{15}{2}\,0,07 = 0^m,52.$$

Le parti residue si trovano affatto di sterramento, e fattone il calcolo secondo le formole preindicate, si avrà:

$$\text{Sterramento} = \frac{15}{2}(4,66 + 5,79) = 78^{m},37$$

Finalmente, dal profilo n.° 3 al profilo n.° 4, le due prime superficie parziali essendo d'interrimento, il cubo si calcolerà come nelle formole, e si avrà:

$$\text{Interrimento} = \frac{25}{2}(0,28 + 2,12) = 30^{m},00$$

Per tutte le altre superficie parziali, vi ha passaggio da sterramento ad interrimento; le prime saranno date della formola 3, le seconde dalla formolà 4, come segue:

$$\text{Sterramento}\quad \frac{25}{2}\cdot\frac{(0,29)^2}{0,29 + 2,10} = \frac{25}{2}\cdot 0,04 = 0,50$$

$$\frac{25}{2}\cdot\frac{(0,65)^2}{0,65 + 22,6} = \frac{25}{2}\cdot 0,14 = 1,75$$

$$\frac{25}{2}\cdot\frac{(1,05)^2}{1,05 + 2,26} = \frac{25}{2}\cdot 0,33 = 4,12$$

$$\frac{25}{2}\cdot\frac{(0,74)^2}{0,74 + 1,04} = \frac{25}{2}\cdot 0,31 = 3,87$$

$$\frac{25}{2}\cdot\frac{(0,91)^2}{0,91 + 0,88} = \frac{25}{2}\cdot 0,46 = 5,75$$

$$\frac{25}{2}\cdot\frac{(2,15)^2}{2,15 + 2,01} = \frac{25}{2}\cdot 1,11 = 13,87$$

Totale 29,86

Superficie $= 5,79$, ridotta a 2,39

Interrimento $\frac{25}{2} \cdot \frac{(2,10)^2}{0,29 + 2,10} = \frac{24}{2} \cdot 1,85 = 23,12$

$\frac{25}{2} \cdot \frac{(2,26)^2}{0,65 + 2,26} = \frac{25}{2} \cdot 1,77 = 22,12$

$\frac{25}{2} \cdot \frac{(2,26)^2}{1,05 + 2,26} = \frac{25}{2} \cdot 1,54 = 19,25$

$\frac{25}{2} \cdot \frac{(1,04)^2}{0,74 + 1,04} = \frac{25}{2} \cdot 0,61 = 7,62$

$\frac{25}{2} \cdot \frac{(0,88)^2}{0,91 + 0,88} = \frac{25}{2} \cdot 0,43 = 5,37$

$\frac{25}{2} \cdot \frac{(2,01)^2}{2,15 + 2,01} = \frac{25}{2} \cdot 0,97 = 12,12$

Totale . . . 89,60

Superficie $= 10,57$, ridotta a $7,17$.

E indispensabile di seguire un ordine bene determinato per le superficie, affine di evitare gli errori. Vi sono all'uopo parecchi metodi da usarsi, ma uno dei più comodi è quello prescritto recentemente dall' amministrazione dei ponti e strade in Francia, il quale risulta dal quadro seguente, dove furono scritti i calcoli precedenti.

1.° *QUADRO del calcolo dei movimenti di terra, qualora non v'abbia che una sola specie di sterramento.*

Num. dei profili	Lunghezze alle quali si applicano i profili	Sterramenti – Superficie a sinistra dell'asse	Sterramenti – Superficie a destra dell'asse	Sterramenti – Superficie totale per ogni profilo	Cubi	Interrimenti – Superficie a sinistra dell'asse	Interrimenti – Superficie a destra dell'asse	Interrimenti – Superficie totale per ogni profilo	Cubi	Indicazione sommaria dei calcoli particolari a certi profili – Osservaz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10		7,29	7,29	72,90					
2	10		5,49	5,49	54,90					
	7,50		5,28	5,28	39,60					
3	7,50		5,79	5,79	43,42		0,07	0,07	0,52	
	12,50		2,39	2,39	29,86		0,28	0,28	3,50	
4	12,50		»	»	»		9,29	9,29	116,12	
	60,00				240,68				120,14	

In luogo di prendere la superficie media dei due profili consecutivi, scrivesi di seguito la superficie di cadaun profilo. Così abbiamo trovato per il cubo di sterramento del profilo n.° 1 al profilo n.° 2:

$$10\ (7,29 + 5,49).$$

Scrivonsi nella colonna 4 questi due numeri, l'uno al di sotto dell'altro; la superficie 5,49 trovandosi di fronte al n.° del profilo al quale essa appartiene. Per combinarsi col profilo n.° 3, questa superficie ha bisogno di essere modificata; imperciocchè la porzione 0,83, in luogo

di dare un cubo eguale a $\frac{15}{2} \times 0{,}83$, non dà che un cubo eguale a

$$\frac{15}{2} \frac{(0{,}83^2)}{0{,}83 + 0{,}28} = \frac{15}{2} 0{,}62.$$

Così la superficie del profilo n.° 2, che si deve moltiplicare per la semi-distanza fino al profilo seguente, è realmente $5{,}49 - 0{,}83 + 0{,}62 = 5{,}28$, che scrivesi in seguito di 5,49 a fronte di 7,50.

La superficie del profilo n.° 3 è parte di sterramento, 5,79, parte d' interrimento, 0,28. La superficie 5,79 si combinerebbe senza modificazione con la porzione corrispondente 4,66 del n.° 2, e si avrebbe $(4{,}66 + 5{,}79)\frac{15}{2}$; ma $4{,}66 \frac{15}{2}$ è già compreso in $5{,}28 \frac{15}{2}$; resta dunque $5{,}79 \times \frac{15}{2}$, che scrivesi di seguito a 5,28.

La porzione 0,28, combinandosi con 0,83, è ridotta a $\frac{(0{,}28)^2}{0{,}83 + 0{,}28} = 0{,}07$ che scrivesi nella colonna 8.

Dal profilo n.° 3 al profilo n.° 4, o 28 non succedono modificazioni; lo si scrive quindi di seguito nella colonna 8; ma 5,79 essendo combinato con un interrimento, è ridotto a 2,39.

Nel profilo n.° 4, 2,12 non subisce alcuna modificazione, ma la porzione 10,57 riducesi a 7,17 (*ved.* i particolari che precedono il Quadro); dunque si ha in tutto $7{,}17 + 2{,}12 = 9{,}29$, che scrivesi nella colonna 8.

È da osservarsi che in questo Quadro, cadaun profilo non occupa due linee che allorquando la superficie è divisa in sterramento ed interrimento, ovvero allorchè segue o precede un profilo di questa specie. Se il profilo n.° 1 fosse preceduto da un altro di tutto sterramento, a 30^{m} di distanza, p. es., basterebbe aggiungere 15 al numero 10 della colonna 2, mentre scrivendo questo profilo si avrebbe:

$$\begin{Bmatrix} 15 & 7{,}29 \\ 10 & 7{,}29 \end{Bmatrix} = 25 \times 7{,}29$$

Se vi fossero diverse specie di terreno; se, p. es., dal profilo 1 al profilo 2 si trovasse dell' argilla; dal profilo 2 al profilo 3 dello schisto; dal profilo 3 al 4 della terra sabbioniccia, si noterebbero le diverse specie del terreno nelle colonne 11, 12, 13, 14 15, 16 del Quadro seguente; poscia dopo aver fatto i calcoli, come prima, si riporterebbe in queste colonne il numero della colonna (6) secondo la loro natura.

Se il terreno cangiasse nel medesimo profilo, vale a dire che la superficie fosse di terra vegetale, e la parte inferiore di schisto (lo che non avviene per solito che quando gli sterramenti sono assai forti), allora si valuterebbe, dietro lo strato medio della terra vegetale e per la superficie del terreno rimosso, il cubo accostantesi a quella specie che si sottra dal cubo totale. Ciò non è che approssimativo, bene inteso; imperciocchè gli scandagli non possono dare che uno spessore medio dello strato superiore; ma ciò basta nella pratica.

2.° QUADRO dei calcoli dei movimenti di terra, qualora vi abbiano parecchie specie di sterramenti.

Num. dei profili	Lunghezze cui si applicano i profili	Sterramenti				Interrimenti				Classificazione degli sterramenti, secondo i diversi terreni						Indicazione sommaria dei calcoli particolari a certi profili. Osservazioni.
		Superficie			Cubi	Superficie			Cubi							
		a sinistra dell'asse	a destra dell'asse	totale dei profili		a sinistra dell'asse	a destra dell'asse	totale dei profili		Argilla	Schisto	Terra sabbionosa				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	10		7,29	7,29	72,90					127,80						
2	10		5,49	5,49	54,90											
	7,50		5,28	5,28	39,60						83,02					
3	7,50		5,79	5,79	43,42		0,07	0,07	0,52							
	12,50		2,39	2,39	29,86		0,28	0,28	3,50			29,86				
4	12,50						9,29	9,29	116,12							
	60,00				240,68				120,14	127,80	83,02	29,86				
											240,68					

Si vede che la somma dei numeri compresi nelle colonne 11, 12, 13, ecc., deve essere eguale a quella dei numeri della colonna 6, perchè il numero della colonna 11 è l'addiziune dei due primi della coloona 6 quelli della colonna 12; sono l'addizione del terzo e quarto della stessa colunna, ecc.

Nel Quadri n.° 1 e n.° 2, le colonne 3 e 7 sono rimaste vuote, perchè l'esempio che abbiamu preso nell' applicazione non contiene che la metà della strada a destra dell' asse; ma quando si fa il calcolo, scrivonsi i numeri che si riferiscono alla seconda metà precisamente come quelli della prima, e l' addizione delle colonne 3 e 4, ovvero 7 ed 8 dà le colonne 5 e 9.

Trasporto delle terre.

Una volta determinati i punti della strada dove bisogna levare della terra, e quelli dove bisogna aggiungerne, si deve cercare di effettuare i trasporti nel modo il più economico possibile. È noto che il prezzo da pagarsi per fare un terrapieno è proporzionale al cubo ed alla distanza da percorrersi. Abbiamo veduto come si valuta il volume; determineremo adesso la distanza del trasporto.

Supponiamo che si tratti di trasportare la superficie A B C D (fig. 26), alla quale si attribuisce un certo spessore, sopra la superficie A' B' C' D', che avra uno spessore sufficiente perchè il volume dellu sterramento sia eguale a quello dell' interrimento. Dove si considerino i voluui parziali C $abd, bdef$ e che si suppongano portati in D' $a'b'd', b'd'e'f'$, si vede che per cadauno d'essi la distanza nel trasporto sarà differente. Suppuniamo che si faccia il prodotto di cadauno di questi cubi parziali, designati con Q, Q', Q''.... per le distanze respettive ch' essi percorrono $d, d' d''$... la somma di questi prodotti,

$$Q\,d + Q'\,d' + Q''\,d'' + \text{ec.}$$

sarà proporzionale alla spesa. Ma si capisce che il volome essendo estremamente suddiviso nel trasporto, diverrà penosissimo e forse impraticabile il calcolare, per così dire, per ogni carrettata, il prezzo del trasporto. Ciò si evita cercando la *distanza media* per tutti i cubi parziali di A B C D, vale a dire una distanza comune a tutti gli sterramenti, e tale che si abbia, chiamando D questa distanza media $D\,(Q + Q' + Q'' + ... = Q\,d + Q'\,d' + Q''\,d'' + \text{ecc.}$

Allorquando si avrà fissato il prezzo per la distanza D, basterà, per ottenere la spesa, di moltiplicare per il cubo intiero $Q + Q' + Q'' + ...$ che è dato precedentemente.

Dall' egoaglianza sopraindicata dedocesi:

$$D = \frac{Q\,d + Q'\,d' + Q''\,d'' + ...}{Q + Q' + Q'' + ...}$$

lo che significa: che la *distanza media è eguale alla somma dei prodotti parziali dei cubi per la strada realmente percorsa, divisa pel cubo totale.*

Dove fossero parecchi gli sterramenti da farsi, tali come A B C D, si farà egualmente la somma di tutti i prodotti parziali dei cubi, per la strada precorsa. La si aggiungerà alla precedente, e la si dividerà per l' insieme dei dus cubi. Così, de-

signando con R R' R'' i cubi parziali di un secondo volume, e con d_1, d'_1, d''_1... le strade veramente percorse, la distanza media del trasporto pel totale dei due cubi sarà:

$$D = \frac{Qd + Q'd' + Q''d'' + \ldots + Rd_1 + R'd'_1 + R''d''_1 + \ldots}{Q + Q' + Q'' + \ldots + R + R' + R'' \ldots}$$

È così che si perviene a non avere che una sola distanza media per il progetto di tutta una strada: lo che facilita molto l'apprezzamento della spesa.

Considerando un solo cubo A B C D, sarebbe ancora troppo lungo l'ottenere la distanza media del trasporto, dove si volesse decomporlo in un gran numero di parti (come lo abbiamo supposto per far meglio comprendere ciò che debba intendersi per distanza media); di maniera che non si effettua altrimenti questa decomposizione in pratica, ma si cerca di apprezzare in massa la distanza media appartenente a un tal cubo.

Quando i cubi di sterramento e d' interrimento A B C D, A' B' C' D' sono compresi fra piani paralleli A B A' B' C D C' D', e che altre sezioni fatte per altri piani paralleli ai primi, tali come ff', separino dal volume totale volumi parziali eguali, $a\ h$ D C, $a'\ h'$ C' D', la meccanica fornisce un processo onde ottenere la distanza media: questa è eguale alla distanza dei centri di gravità dei due volumi.

Il caso precedente è quello che ha luogo all' incirca nella costruzione delle strade; ma in qualunque altra circostanza si potrebbe commettere un errore grossolano considerando la distanza media come eguale alla distanza dei centri di gravità. Per esempio, se si scavasse un bacino circolare le cui terre fossero deposte regolarmente all' ingiro, il centro di gravità dell' interrimento si troverebbe sulla medesima verticale di quello dello sterramento, e la loro distanza orizzontale sarebbe nulla. La verticale indicherebbe la quantità di cui furono elevati; ma noi ci proponiamo anzi a tutto di determinare la sola distanza orizzontale; vedremo più tardi come si tenga conto del trasporto verticale.

Riconducendo adesso la ricerca della distanza media a quella dei centri di gravità, non ci si offre alcun mezzo rigoroso onde risolvere il problema, imperciocchè i volumi che compongono gli sterramenti e gl' interrimenti hanno delle forme irregolari; e non è che rassomigliandoli ai prismi od alle piramidi che si può fissare approssimativamente il loro centro di gravità. (*V.* l' articolo Sorveglianza a pag. 44 e 45.)

Dove si volesse però seguir questo metodo, bisognerebbe ricordarsi: 1.° Che il centro della figura della superficie di un triangolo (che sarebbe il centro di gravità quando il triangolo è pesante) trovasi ai $\frac{2}{3}$ della retta condotta dal vertice alla metà della base opposta; 2.° Che quello d' un parallelogrammo sta nell' intersecazione delle diagonali; 3.° Che quello d'un trapezio ottiensi decomponendolo in triangoli, come il poligono; 4.° Che quello di un prisma sta nel mezzo della linea che unisce i centri di gravità delle basi; 5.° Che quello della piramide trovasi a $\frac{1}{4}$ della retta condotta dalla sommità al centro di gravità della base, a partire dal vertice, ovveramente ad un' altezza, al di sopra della base, eguale al $\frac{1}{4}$ dell' altezza

totale; 6.º Che quello del tronco di cono, che ha per altezza h e per raggio delle basi R ed r, è situato sull'asse ad una distanza della base minore

$$= \frac{h}{4} \cdot \frac{3 R^2 + 2 R r + r^2}{R^2 + R r + r^2}$$

Nei calcoli per le strade si adopera generalmente un metodo più spiccio ancora. Si comincia dal sottrarre da ogni profilo che comprende sterramento ed interrimento il più piccolo dal più grande dei due cubi, come lo indica il Quadro seguente, nel quale faremo l'applicazione dell'esempio sopra citato.

Movimento delle terre

Numero dei profili	Cubi di sterramento per ogni profilo	Rigonfiamento	Cubi definitivi degli sterramenti	Cubi degli interrimenti per ogni profilo	Cubi da adoperarsi nella lunghezza corrispondente ad ogni profilo	Eccesso dei cubi degli sterramenti sugl'interrimenti: per profilo	Eccesso dei cubi degli sterramenti sugl'interrimenti: per un seguito non interrotto di profili	Eccesso dei cubi degli interrimenti sugli sterramenti: per profilo	Eccesso dei cubi degli interrimenti sugli sterramenti: per un seguito non interrotto di profili	Sterramenti in eccesso: da recarsi come interrimento sulla strada	Sterramenti in eccesso: da portarsi in deposito per altri usi	Prestito pegl'interrimenti	Indicazione dei luoghi di deposito pegli sterramenti in eccesso	Distanza del trasporto	Trasporti colla carruola: Cubi	Trasporti colla carruola: Prodotto dei cubi per le distanze	Trasporti col carretto: Cubi	Trasporti col carretto: Prodotto dei cubi per le distanze
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	72,90	»	72,90			72,90					72,90		sui campi vicini, a una distanza di .	40	72,90	29,16	54,90	7686,00
2	54,90	»	54,90			54,90					54,90		nella carriera di .	140				
	39,60	»	39,60			39,60	236,66											
3	43,42	»	43,42	0,52	0,52	42,90				39,60			fra i profili 3 e 4. .	26	39,60	770,00		
	39,86	»	29,86	3,50	3,50	26,36				42,90			id. . .	26	42,90	1115,00		
4				116,12				116,12		26,36			id. . . .	17	26,26	448,00		
												7,26	da prendere nei campi di *a*. . .	300			7,26	2178,00
					4,02										181,76	5249,00	62,16	9864,00

distanza media dei trasporti:

colla carruola. $= \frac{5249}{181,76} = 29$

col carretto. $= \frac{9864}{6216} = 158.^{m}$

Si scrivono questa differenze nelle colonne 7 e 9. Le quantità sottratte, scritte nella colonna 6, che sono adoperate nella larghezza, corrispondendo ad ogni profilo, sono considerate come gettate colla pala semplicemente. Tutti i cubi della colonna 7 devono essere trasportati al deposito o negl' interrimenti. Per cangiare il centro di gravità di questi cubi si portano sopra una linea orizzontale A B (fig. 27) delle lunghezze eguali a quelle che separano i profili. Nei punti di divisione s'innalzano delle perpendicolari, sopra cui si portano delle lunghezze proporzionali alla differenza della superficie di sterramento ed interrimento in ogni profilo. Queste differenze sono date subito (Quadro n.° 1) della sottrazione dei numeri alla colonna 7 ed 8, da quelli scritti nella medesima linea nelle colonne 4 e 5, quando si è operato per ambo i lati della strada, e nel caso presente, colla sottrazione dei numeri della colonna 8 da quelli della colonna 4; avendo cura di portare al di sotto di A B le linee corrispondenti alla superficie d' interrimento. È però da avvertire che dove si cercasse la superficie dei due primi trapezii, la prima sarebbe eguale al cubo compreso fra i due primi profili, la seconda al cubo di sterramento compreso fra i profili 2 e 3 dello stesso cubo d'interrimento, vale a dire al terzo e quarto numero della colonna 7 del Quadro n.° 3.

Ciò fatto, risguardasi il centro di gravità di questi trapezii come se si trovasse nello stesso piano verticale perpendicolare all' asse come il centro di gravità del solido ch' esso rappresenta; noi siamo dunque condotti a cercare non già la posizione assoluta del centro della figura di un trapezio, ma la distanza orizzontale a cui esso trovasi dall' uno dei suoi lati paralleli, poichè non si tratta pel momento che di cercar la distanza orizzontale del trasporto. Ma in luogo di fare questa ricerca, basta generalmente ammettere che il centro di gravità si trovi ad eguale distanza dai due profili. Ed è perciò che si suppongono i cubi concentrati per calcolare la loro distanza da un punto qualunque. Per i triangoli, come F I H, bisogna calcolare la loro altezza

$$\left(F\,I = \frac{l_3\; 2,11}{2,11 + 9,29} = 5,m, \right.$$

circa; l_2 è la distanza dei due profili) e supporre che il cubo di sterramento che essi indicano, abbia il suo centro di gravità alla stessa distanza del punto F, come il triangolo. Egualmente, pel triangolo F B K, ammettesi che il centro di gravità del cubo, ch' esso sostituisce, sia a una distanza di B, eguale a $\frac{l_3 - F\,I.}{3}$

Gli è di questo modo che si è calcolata, nel Quadro n.° 3 la distanza del trasporto dei numeri (39,60 + 42,90) compresa fra i profili 2 e 3, la cui distanza è 15.

Si pone anzi a tutto 7,50
quindi di seguito $I\,B = l_3 - F\,I = 25 - 5 = 20$, ed $\frac{1}{3}$. $I\,B = 6,66$;
dunque la distanza dal centro di gravità degli interrimenti a F è $25 - 6,66 = 18,34$. 18,34

dunque la distanza totale per questi due primi cubi è : 25,84

Per il triangolo, il suo centro di gravità è a $\frac{5^m}{3}$ da F, bisogna dunque sottrarre questo numero da 18 34 — 1,66 = 16,68, e per rotondità di numero 17

I casi di passaggio sono i più difficili, ed in altre circostanze si trova meno di difficoltà; poichè per avere la distanza di trasporto di uno sterramento compreso fra due profili, in uno spazio compreso egualmente fra due profili d'interrimento, basterà aggiungere alle due semilunghezze dei solidi di sterramento e di interrimento tutte le distanze dei profili intermediarii.

Nell'esempio del Quadro n.° 3 le distanze dei depositi e dei profili sono prese arbitrariamente; imperciocchè questi siti sono sempre indicati in precedenza.

Allorchè si abbia ottenuto le distanze di trasporto per cadaun cubo parziale, lo si scrive in una delle colonne 16 o 18, secondo la distanza fino alla quale si vuole effettuare i trasporti col carretto o colle carruole, come indicheremo più tardi.

Fatte queste operazioni, non resta più che da effettuare le moltiplicazioni indicate dalle colonne 17 e 19, poscia da far la somma, e da dividerla per il totale delle colonna 16 e 18, onde ottenere la distanza media.

Qualora tutti gli sterramenti debbano essere adoperati per la colmata, nella costruzione di una strada non si possonu commettere errori molto gravi intorno alla maniera di effettuare i trasporti. Ma quando certe porzioni devono esser portate in deposito, altre prese a prestito, non si può vedere altrimenti a *priori* quali siano le porziuni di sterramento da gettarsi fuori della strada, nè quali quelle dell'interrimento che bisogna effettuare coi prestiti. Tra le molte disposizioni che si potrebbero adottare, si capisce che una ve n'ha migliore delle altre, la quale darebbe una spesa minima; ma il calcolo non può essere applicato alla soluziune di questa questione. Del resto alcune riflessioni generali possono bastare.

Se gli sterramenti di una collina devono unicamente servire a colmare la vallata che la segue, e che questi siano in eccesso, egli è evidente che è la parte della sommità quella che bisognerà abbassare; ma se gl'interrimenti la vincono, sarà invece la parte più lontana della collina che dovrà esser ingrossata mediante i prestiti. Ma se gli stessi sterramenti devono prendere due direzioni diverse, sarà la porzione di mezzo quella che bisognerà rigettare.

Quando i siti dove devono esser deposte le terre sono bene definiti, hannovi molti modi di effettuare il trasporto, rispetto alle direzioni da seguirsi o l'ordine con cui guidare il lavoro; non saranno quindi inutili in proposito alcune considerazioni.

Torniamo al caso della fig. 26. Se in luogo di trasportare il volume Q in $D'd'b'a'$ lo si trasportasse in S, p. e., e Q' in S' ecc., egli è chiaro che per compiere in seguito i volumi $D'd\,b'a'$, $b'd'e'f'$, ecc., bisognerebbe prendere delle terre al di sopra della linea $a\,h$, e le strade percorse taglierebbero inevitabilmente le prime; dal che seguirebbe necessariamente che questa disposizione sarebbe meno favorevole di qualla che consiste nel fare tutti i trasporti secondo direzioni parallele. Si può ritenere da ciò, come regola generale, che le vie di trasporto non devono mai

incrociarsi fra i punti di partenza e di arrivo: lo che si potrebbe quasi ammettere come un assioma.

Tutte le volte non è permesso di fissare così facilmente, come abbiamo fatto noi, la maniera come dirigersi perchè le vie non s'incrocino. — Supponiamo, p. e. (fig. 28), che si debbano prendere delle terre ai punti A e B per fare dei rialzi in C D, e cerchiamo a quale dei due prestiti A o B si debba ricorrere per trovare materia all'interramento in D, colla più piccola spesa.

Per evitar l'incrociamento delle vie, supponiamo che i trasporti succedano nel medesimo senso, facendo girare il punto C intorno alla linea A B, a guisa di nocella, in modo ch'esso venga ad occupare dall'altro lato di questa linea una posizione C' simmetrica alla prima: ed allora è chiaro che per evitare l'incrociamento, bisogna portare A in C', od in C, B in D; imperciocchè:

$$AC' + BD < AD + BC'.$$

Avverrebbe il contrario se il punto C fosse collocato in C''. Designando con R' ed R le distanze dal punto C ai due punti A e B, con r' ed r le stesse distanze per il punto D, la condizione del *minimum* di spesa sarà dunque :

$$R - R' \gtrless r - r'$$

Nel primo caso, il punto A sarà trasportato in C, ed il punto B in D; nel secondo caso succederà all'inversa.

Avvi però tale una posizione dei punti C e D nella quale la costruzione che noi indichiamo non farebbe punto vedere a *priori* la scelta da farsi, e sarebbe quella in cui il punto C andasse ad ammortire nell'angolo B D A (fig. 29, Tav. XLIII). Allora non si avrebbe più incrociamento, qualunque fosse il modo di trasporto; ma la condizione algebrica servirà ancora di guida; imperciocchè i due mezzi da adottarsi essendo $R + r'$, ovvero $r + R'$, bisognerà, perchè il punto A sia trasportato in C, che si abbia.

$$R + r' > r + R', \text{ ovvero: } R - R' > r - r',$$

e perchè esso lo sia in D:

$$R + r' < r + R', \text{ ovvero } R - R' < r - r'.$$

E dove si avesse:

$$R - R' = r - r',$$

egli è chiaro che la scelta sarebbe indifferente.

Due primi punti A e B essendo dati di posizione, e le loro distanze a due altri punti D e C essendo tali che si ha:

$$R - R' = r - r', \text{ ovvero } R - r = R' - r',$$

si può proporsi di trovare un seguito d'altri punti: E F (fig. 30), talchè si abbia:

$$R - r = R' - r' = R'' - r'' = R''' - r''' = \text{ecc.} \ldots.$$

Lo che non presenta alcuna difficoltà; imperciocchè tutti i nuovi punti saranno indicati dalla intersecazione dei due archi di cerchio descritti dai punti C, D come

centro, con raggi aventi la differenza data; allora i punti A B E F.... avranno una posizione tale che, se si dovesse trasportarne una metà al punto D, e l'altra metà al punto C, la scelta sarebbe indifferente.

Dove si determinasse così un gran numero di punti e molto vicini, facendo variare assai poco la larghezza assoluta dei raggi R r, ma conservando sempre le differenze date, il poligono A B E F.... si convertirebbe in una curva detta iperbola, e dove si dovesse trasportare due qualunque di questi punti in D e C, la scelta sarebbe indifferente.

Questa curva gode dunque della proprietà naturale d'indicare la maniera con cui devono essere trasportati due punti qualunque G ed A, situati l'uno alla sua destra, l'altro alla sua sinistra; tutti quelli che come G sono situati dallo stesso lato della curva di C dovranno arrivare a quest'ultimo punto, e quelli, tali come H in D.

In fatti conducendo un raggio per cadauno di questi punti e prolungandolo fino all'incontro in E ed F della curva, si avrebbe per i punti E ed F:

$$CF - CE = DF - DE,$$

Paragonando anzi a tutto il punto H al punto E, avremo evidentemente (poichè le tre linee C E, C H, E H formano i tre lati d'un triangolo):

$$(1)\ CE - CH < EH, \text{ ovvero } CE - CH < DE - DH;$$

lo che prova che il punto H dovrà essere trasportato in D, ed il punto E in C.

Paragonando, egualmente, il punto G al punto F, avremo per la stessa ragione:

$$(2)\ CG - CF < DG - DF.$$

Aggiungendo le due ineguaglianze (1) e (2), dedurremo:

$$CG - CH + CE - CF < DG - DH + DE - DF,$$

e come $CE - CF = DE - DF$, da ciò risulta:

$$CG - CH < DG - DH.$$

Lo che dimostra la proprietà enunciata della curva, la quale può servire a risolvere alcuni problemi di trasporto.

Supponiamo, p. e., che si sia obbligati di trasportare le superficie A B E F (fig. 31) in due punti C e D; allora possono presentarsi due circostanze. Prima di tutto, dove non si abbia in mira che di sterrare questa superficie, e che le terre possano essere trasportate indifferentemente, ed in una proporzione qualunque nei punti C e D, egli è chiaro, che la perpendicolare innalzata dal mezzo di C D determinerà, conformemente a quanto abbiamo detto, le porzioni dell'asse che devono essere trasportate in cadauno dei punti. Ciò posto il problema non offre adunque alcuna difficoltà.

Se le terre prese in A B E F devono servire a far dei rialzi in D C, di un vo-

lume determinato per cadauno di questi punti, ma la cui somma sia eguale a quella dell'area, allora fra tutte le maniere che si possono adottare per fare i trasporti, ve n'ha una che dà il minimo di spesa.

In fatti, supponiamo che la curva G H divida l'area A B E F in due parti respettivamente eguali alle porzioni che devono essere portate in C e D, allora tutti i punti a destra di G H dovranno andare in C, tutti quelli a sinistra in D, e qualunque altra divisione tornerebbe svantaggiosa. Di maniera che il problema riducesi a cercare la curva G H in modo ch'essa divida l'area A B E F in due parti eguali a quelle date a *priori*.

La soluzione diretta di questo problema presenta delle difficoltà, ma nella pratica si può evitarle, per via di un metodo assai semplice.

Faremo osservare anzi a tutto, che se la perpendicolare innalzata in O, non lascia alla sua destra una porzione di superficie eguale a quella che si deve trasportare in C, la curva, che separa G H si troverà a sinistra di questa perpendicolare, ed avrà la parte concava rivolta verso il punto D. Ciò posto si comincierà col dividere geometricamente la superficie A B E F in due parti eguali a quelle che sono date, mercè una retta $g\,h$, inclinata per quanto sia possibile nel medesimo senso della curva, vale a dire verso la sinistra. Si prenderà il punto medio di questa linea come uno di quelli della curva, lo che darà la differenza costante dei raggi C I — D I, e la si costruirà. Se la porzione della curva compresa nell'area differisce di molto nella sua direzione della retta $g\,h$, se ne condurrà una seconda che le sia parallela: lo che risolverà il problema di una maniera sufficientemente approssimativa.

Supponiamo, p. e., che sia proposto di trasportare metà del rettangolo A B E F nel punto D, e metà nel punto C (fig. 32); si condurrà anzi a tutto la linea $g\,h$, si farà passare la curva separativa pel punto I nel mezzo di questa retta, poscia cercando il punto H, dov'essa incontra C D, che sarà dato dall'ugnaglianza

$$DH - CH = DI - CI,$$

si riguarderà la linea I H prolungata fino al suo incontro con A B, come una soluzione sufficiente del problema. Nel caso particolare accennato, egli è evidente che, come $g\,h$, essa dividerà il rettangolo in due parti eguali. Se l'area A B E F si estendesse al di sotto di C D, si opererebbe, rispetto a questa seconda parte, come abbiamo indicato per la prima.

I principii posti possono servire di guida nella maniera di fare gli sterramenti in parecchie circostanze, che andremo esaminando successivamente, perchè questi esempi permetteranno di pervenire molto approssimativamente al *minimum* della spesa, in tutti i casi che potessero presentarsi.

Supponiamo in primo luogo che si dovesse fare un interrimento secondo la direzione A B (fig. 33) con terre provenienti dai due punti C e D, dovendo cadauno fornire una quantità determinata precedentemente. Non si capisce a *priori* se si debba principiare dal portare le terre provenienti dal punto D in B, secondo B B', la linea B B' essendo proporzionale alla quantità da prendersi in D, od in A, secondo A B,' e reciprocamente per il punto C; o finalmente se faccia d'uopo prenderne simultaneamente al due punti, ed effettuare l'interrimento secondo A B o secondo B A. Ma cessa qualunque incertezza, dove facciasi girare il punto C intorno ad A B come a nocella. Torna allora evidente che gli sterramenti da prendersi in C saranno portati

sopra B B' e quelli di D sopra A B', poichè qualunque altra disposizione produrrebbe un incrociamento: lo che è contrario al principio stabilito precedentemente.

Se nel ribattersi il punto C cadesse nell'interno del triangolo D A B (figura 34), il problema parrebbe suscettibile di parecchie soluzioni, perchè basterebbe, per evitare l'incrociamento, di prendere (a partire dal punto E, determinato dall'incontro di D C' colla linea A B) due lunghezze E F, E G la cui somma sarebbe eguale alla quantità degli sterramenti da prendersi in C. Ma è da osservarsi che onde pervenire al minimo della spesa, bisogna che i punti F e G, che separano gl'interrimenti da prendersi in D da quelli da prendersi in C, sieno tali che sia indifferente di rinterrire l'uno colle terre provenienti da D, purchè si colmi l'altro con quelle provenienti da C. Si dere dunque aver per condizione:

$$C'G - C'F = DG - DF. \text{ (1)}$$

Per determinare il punto F, p. es., basterà di tradurre algebricamente questa eguaglianza, ma sarà molto più breve il procedere praticamente, mentre il calcolo conduce a risultamenti troppo complicati.

Supponiamo che la linea A B (figura 35) debba essere rialzata colle terre provenienti dalla linea C D, che ha la medesima lunghezza. Facendo girare il punto C e ributtendolo in C' si vede subito, che per evitare gl'incrociamenti le terre, a partire da C verso D, o da C' verso O, devono essere portate da B verso A, e ciò fino al punto E, tal che

(1) Applicando a questo problema le regole dirette che danno le condizioni del *minimum*, si trovano in fatti quelle sopra enunciate.

B E essendo eguale a C' F, la linea E F prolungata vada a passare pel punto D. A partire dal punto E, gl'interrimenti saranno fatti colle terre provenienti ad un tempo da O F e da O D, che saranno prese, durante il corso del lavoro, proporzionalmente alla lunghezza di cadauna di esse, vale a dire che se la linea O F si trovasse rappresentata, a mò d'esempio, da 5, e la linea O D da 6, s'impiegherebbero cinque carretti a sterrare la prima, e sei per la seconda. È facile convincersi che qualunque altra disposizione produrrebbe necessariamente un incrociamento nelle vie di trasporto.

Abbiamo ammesso precedentemente che il trasporto delle terre, a partire dal punto dove si prendono, fino a quello dove si depositano, possa farsi in linea retta, vale a dire che lo spazio compreso fra lo sterramento e l'interrimento sia libero, e che le vie seguite da ogni porzione possano essere battute a volontà; ma può arrivare talvolta che tutte le terre debbano passare per certi punti fissi, tali come dei ponti sopra un ruscello, o dei fori di porta in un muro di cinta, lo che introduce una nuova modificazione nelle soluzioni che abbiamo date. Quand'anche non si fosse tenuti a questa soggezione, e che lo spazio fosse interamente libero, non si potrebbero sempre effettuare i trasporti come abbiamo indicato precedentemente per istabilire di una maniera più semplice i principii che devono guidare in questa operazione. Nella pratica si è ordinariamente obbligati a preparare le strade da seguirsi così dalle carruole come dai carretti, sia stabilendo per le prime una lista tutta seguente di panconi, sia livellando il terreno per i secondi, e sarebbe troppo dispendioso il fare questo lavoro per tutto lo spazio che separa gli sterramenti dagl'interrimenti.

Un' altra considerazione ancora impegna a seguir sempre la stessa strada, mentre questa acquista sempre più di consistenza col frequente passaggio dei ruotabili.

La questione che si presenta adesso è dunque di determinare quante viuzze debbansi preparare in ogni caso particolare, e la direzione da darsi loro.

Ammettiamo anzi a tutto che lo spazio fra lo sterramento A B C D, e l'interrimento A' B' C' D' sia interamente libero.

Se, come avviene quasi sempre nella costruzione delle strade, questi due volumi sono compresi fra piani approssimativamente paralleli, si potrà riguardare la distanza dei centri di gravità G G' come presso a poco eguale alla distanza media dei trasporti, supponendo sempre che questi sieno fatti di modo che ogni porzione di sterramento *m*, *n* . . . vada direttamente in *m' n'* . . ; ma dove si voglia profittare della strada preparata secondo B D', bisognerà che la parte *m* vada in B, poscia ritorni da D' in *m'*; e si vede quindi che la distanza media sarà aumentata. La comparazione del soprappiù della spesa che ne risulterà in confronto di una nuova strada, deciderà in ogni caso particolare se si debba contentarsi della direzione G G', o se torni meglio adottarne un'altra per la porzione *m* dello sterramento. Si ragionerà nella stessa guisa per un'altra porzione *n*, paragonandola a G G' ed a *m m'*, e si perverrà così a decomporre la superficie intiera in un certo numero di parti, le quali avranno cadauna per linea di percorrimento la linea che unirà il loro centro di gravità. A capo di ognuna d'esse vi sarà una officina occupata da parecchi operai. Se la linea fosse troppo estesa in proporzione alla voluta attività nel lavoro, la si suddividerà in parecchie altre. Per ciò che concerne i lavori di terrapianamento delle strade, torna sempre utile il non istabilire che una sola via; per la qual cosa non insisteremo d'avvantaggio intorno a questa questione, che si riferisce più specialmente ai grandi lavori.

Qualche volta le terre che devono servire a fare le colmate A' B' C' D'' (figura 36) sono prese al di là di una certa linea A'' B'' in uno spazio indefinito. Allora si è obbligati a studiare come poter terminare lo sterramento dal lato opposto. La soluzione generale è ancora assai complicata, ma vi si perviene di una maniera abbastanza approssimativa in pratica, conducendo dal centro di gravità G' una linea verso il punto il più vicino a C'' di A'' B'', e descrivendo dal punto C, un arco di circolo E F D, in modo che la superficie C'' D E F sia eguale ad A' B' C' D'. Se, dopo questa operazione, scorgesi che torni più vantaggioso lo stabilire parecchie strade anzichè di far tutto passare per E' C'', si attribuisce, come abbiamo detto prima, alle due superficie A' B' C' D', C'' D E F un certo numero di officine, e si tracciano lo loro vie; e dai punti, tali come H, dove quelle incontrano la linea A'' B'', si descrivono dei nuovi archi di cerchio B'' L, in maniera che le superficie I B'' L sieno eguali alle superficie I' B'' K, ecc.

Supponiamo frattanto che tutte le terre provenienti dallo sterramento A B C D debbano necessariamente passare per uno o parecchi punti fissi P P' (fig. 37).

Se esse devono tutte passare per il punto P, è chiaro che la maniera di effettuare i trasporti torna del tutto indifferente. Ma dove si possa disporre dei due punti P, P'' ve ne sarà una che darà una spesa minore di tutte le altre.

Poniamo che la porzione dello sterramento da far passare per cadaun punto sia determinata a *priori* dalle circostanze locali; allora si principierà col tracciare la curva che separa queste due posizioni di modo che la spesa del trasporto fino ai punti P P″ sia un *minimum*. Si farà lo stesso rispetto alla superficie d'interrimento, ed il problema sarà risolto (1).

Se la porzione di sterramento da far passare per ogni punto non è determinata in precedenza, si dovrà cominciare dall' indagare se non vi fosse più tornaconto nell' effettuare tutti i trasporti per uno stesso punto. Al che si perverrà osservando che se vi ha vantaggio nel passare per i due punti, le curve di separazione nelle superficie di sterramento e d'interrimento devono essere tali che sia indifferente, per trasportare un punto m della prima in un punto n della seconda, di passare per l'uno o l'altro di questi punti (fig. 38), vale a dire che si deve avere:

$$P' m + P n = P'' m - P' n, \; P m' + P n' = P' m' + P' n' \text{ ecc.}$$

Questa condizione solo condurrebbe a una infinità di soluzioni; ma bisogna inoltre che le due parti di sterramento e d'interrimento, che separano i due bracci della curva, sieno rispettivamente eguali: lo che determina il problema.

In questo caso, queste due curve separative appartengono ad una stessa iperbola, che si determinerà del pari in via pratica.

Se i punti P' P sono punti collocati sopra un ruscello, ovvero aperture praticate in un recinto, farà d'uopo esaminare se non tornasse più il conto di stabilirne un nuovo in una direzione più favorevole, piuttosto che servirsi di quelli esistenti.

Se non esistesse alcun punto sui ruscello, si potrebbe domandarsi qual fosse il posto ed il numero di quelli da stabilire; ed in questo caso si riguarderebbe lo spazio che separa l'interrimento dallo sterramento come intieramente libero, e si procederebbe, come abbiamo indicato innanzi, facendo entrare nelle spese della costruzione di ogni strada quelle occasionate da questa circostanza particolare: lo che ne diminuirebbe necessariamente il numero.

La teoria dei trasporti ammette dei calcoli analitici assai complicati, che non possono trovar posto in un trattato elementare siccome il nostro; per cui reputiamo essere entrati a sufficienza nella materia per richiamare l'attenzione intorno alla maniera con cui devonsi in generale effettuare questi lavori per non far delle spese inutili.

Del trasporto verticale.

Fino a qui abbiamo supposto che i trasporti si facciano orizzontalmente; ma avviene talora che bisogna effettuarli di basso in alto, e si capisce che il loro prezzo allora dev'essere aumentato. L'uso in queste circostanze insegna di dare alle strade, che devono esser percorse dagli sterramenti, la inclinazione di circa 1/12 ovvero di $0^m,080$ per metro; qualche volta anche di 1/8, ovvero di 0,125 per metro. Adotteremo la prima nei nostri calcoli, avvertendo che coloro

(1) È da notarsi che queste due curve appartengono a due iperbole generalmente diverse, ma aventi sempre i loro fochi in P P″.

che preferiscono la seconda non dovranno che far subire alcune leggere modificazioni alle nostre formule.

Pagasi ordinariamente per un viaggio di 20^m sulle rampe lo stesso prezzo come per uno di 39^m, sopra una strada orizzontale.

Percorrendo una distanza orizzontale di 20^m sopra una rampa di 1/12 per metro, si s'innalza di $\frac{20}{12} = 1^m 667$. Si può dunque decomporre il prezzo totale determinato per questo trasporto in due parti: prima quella che rappresenterebbe il prezzo ordinario del viaggio orizzontale di 20^m; in secondo luogo, quella relativa alla elevazione verticale di $1^m,667$.

Rappresentando con p il prezzo del trasporto orizzontale di 30^m di lunghezza, quello pagato per 20^m orizzontali sarà evidentemente $\frac{20}{30} p = \frac{2}{3} p$, e resterà $\frac{1}{3} p$ per l'elevazione verticale di 1,667. Dal che risulta che una elevazione verticale eguale a $30,^m$ seguendo delle rampe di 1/12 per metro, costerà

$$\frac{30}{1,667} \cdot \frac{1}{3} p = 6\ p.$$

Di maniera che la pratica indica che l'elevazione verticale, considerata isolatamente, costa sei volte tanto del trasporto orizzontale.

Allorchè adunque gli sterramenti e gl'interrimenti si compensano, sopra una rampa di 1/12 si pagherà come il solito il viaggio per la distanza orizzontale che li separa, stabilendo per l'elevazione verticale il sestuplo del prezzo che si sborserebbe per una eguale distanza orizzontale.

È da osservarsi tuttavia che ciò che abbiamo detto suppone che le rampe, mercè alle quali si s'innalza, si dirigano in linea retta verso gl'interrimenti, ovveramente servano a percorrere la distanza orizzontale che li separa dagli sterramenti. Se, per esempio, non si avesse che da innalzare verticalmente degli sterramenti, e che lo si facesse per via di rampe di 1/12, allora egli è evidente che dappoichè si paga p per un ricambio di 20^m, che non dà che una elevazione di metri 1,667, bisognerebbe pagare

$$\left(\frac{30}{1,67} p = 18\ p \right),$$

diciotto volte la stessa somma per un'altezza di 30^m, ovvero (per ridur tutto al prezzo del cammino orizzontale) bisognerebbe numerare diciotto volte la distanza verticale per valutare la spesa, mercè il solo prezzo del trasporto orizzontale.

Dietro a questa distinzione sarà facile stabilire il prezzo del trasporto in tutti i casi possibili, o piuttosto la distanza per la quale si deve moltiplicare il prezzo dato dal viaggio orizzontale; imperciocchè è questa quella che varierà e che introdurrà nelle formule la circostanza di elevazione verticale, e non il prezzo, che sarà sempre quello del viaggio orizzontale.

Supponiamo che si tratti (figura 39) di trasportare il punto d al punto R. Sia H la differenza del livello di questi due punti, D la distanza orizzontale che li separa.

Dove si abbia:

$$1.^\circ\ \frac{H}{D} = 1/12,$$

la linea d R avrà precisamente l'inclinazione adottata per le rampe, e rappresenterà la strada da seguirsi; il prezzo

del trasporto sarà dunque, mettendo per D il suo valore $= 12$ H :

$$x = \frac{D}{30} p + \frac{H}{30} 6 p = 18 \text{ H} \frac{p}{30}$$

($\frac{p}{30}$ rappresenta il prezzo del viaggio di un metro, conseguentemente 18 H esprime la distanza per la quale bisogna moltiplicare questo prezzo, in questa prima ipotesi.)

$$2.^o \ \frac{H}{D''} > 1/12,$$

in questo caso, la linea d' avrà una inclinazione più forte di quella adottata, e con una rampa di $1/12$, non si potrà innalzarsi percorrendo nello stesso tempo la distanza orizzontale D″, che in R′; da questo punto a R il cammino orizzontale, proveniente dagli svilnppi cui si sarà obbligati ricorrere, si troverà perduto, e per conseguenza il prezzo sarà :

$$x = \frac{D''}{30} p + \frac{R' \ O}{30} 6 p + \frac{R \ R'}{30} 18 p.$$

ma noi abbiamo :

$$\overline{R' \ O} = \frac{1}{12} D''; \overline{R \ R'} = H \frac{1}{12} D'',$$

x diventa dunque :

$$x = \frac{D''}{30} p + \frac{\frac{1}{12} D''}{30} . 6 p + \frac{H - \frac{1}{12} D''}{30} . 18 p = 18 \text{ H} . \frac{p}{30}.$$

$$3.^o \ \frac{H}{D'} > \frac{1}{12},$$

in quest' ultima ipotesi, l' inclinazione di D′ R sarà più debole di quella adottata, e si potrà percorrere subito una certa lunghezza orizzontale $d \ d'$, poscia montare seguendo la rampa d R, ed il prezzo diventerà :

$$x = \frac{d \ d}{30} p + \frac{D}{30} p + \frac{H}{30} 6 p = \frac{D'}{30} p + \frac{H}{30} 6 p$$
$$= \frac{D' - 12 \text{ H}}{30} p + 18 \text{ H} \frac{p}{30}.$$

Riassumendo, se noi chiamiamo generalmente D ed H le distanze orizzontale e verticale, l ed l' la larghezza del ricambio in piano e sulle rampe, I la

inclinazione delle rampe, si dovrà moltiplicare il prezzo del viaggio orizzontale di un metro, $\frac{p}{30}$. per i fattori seguenti:

$$(1)\ \frac{l}{l'} \cdot \frac{H}{I};\ \text{dove si abbia}\ \frac{H}{D,} = I\ \text{ovvero} > I;$$

$$(2)\ \left(D - \frac{H}{I}\right) + \frac{l}{l'} \cdot \frac{H}{I},\ \text{dove si abbia}\ \frac{H}{D} < I.$$

E si potrà considerare come generale la formula seguente, avvertendo che non si deve tener conto del termine: $D - \frac{H}{I}$, che quando esso è positivo.

$$(a)\ x = \left(D - \frac{H}{I}\right)\frac{p}{30} + \frac{l\,H}{l'\,I} \cdot \frac{p}{30}.$$

Le formule precedenti fanno vedere (fig. 39) che non vi ha maggior dispendio per trasportare d che d' in R, sebbene la distanza d R sia più grande di d'' R. Così in alcune circostanze può tornare più vantaggioso di portare la terra più da lontano che non sia necessario, purchè non si sia obbligati di elevarla ad una grande altezza. Per esempio, quando si avesse un deposito in R″, sarebbe più vantaggioso di portarlo in d'' che in R.

L'inclinazione di 1/8 ed anche quella di 1/12 che abbiamo adottato, è troppo forte per le rampe. Gli operai che fossero occupati unicamente in questi trasporti, non potrebbero guadagnare, percorrendo dei ricambi di 20^m, altrettanto di quelli che ne percorrono 30 in pianura, se il prezzo fosse lo stesso in questi due casi.

Risulta da esperienze fatte accuratamente:

1.° Che un operaio lavorando 10 ore per giorno può innalzare ad un metro di altezza, trasportandolo con una carriuola sopra una rampa di 1/12 e tornando vuoto, un peso di . . . . chilog.^{i} 43,200

2.° Che lo stesso operaio conducendo dei materiali sopra un terreno orizzontale, mercè la carriuola, e tornando vuoto, può trasportare ad un metro di distanza, lavorando 10 ore al giorno, un peso di . . . . » 1,045,000.

Questi due sperimenti fanno vedere che bisogna pagare per innalzare 43,200 chilogrammi ad un metro, mercè le rampe, lo stesso prezzo come per trasportare

orizzontalmente 1,045,000 chilogrammi ad un metro di distanza.

Così l' elevazione verticale deve esser pagata $\frac{1,045,000}{43,200} = 24$ volte tanto il trasporto orizzontale, mentre, secondo la formula (1) sopraccitata, dove si fa per solito $l = 30$, $l = 20$, non lo si paga

che come 18 volte. Lo che lascia supporre che un uomo possa trasportare orizzontalmente 1,045,000 chilogrammi, ed innalzare 58,000 chilogrammi ad un metro, per giorno.

Dietro le riferite esperienze, si dovrebbe fare, nella formula generale, $l = 30$, $l = 15$. Allora essa diverrebbe:

$$(a')\ x = \left\{ \left(D - \frac{H}{I} \right) + \frac{30}{15} \frac{H}{I} \right\} \frac{p}{30};$$

Tuttavolta essendo in uso la prima, noi la conserveremo. — Si può d' altronde osservare che, in pratica, non si tiene conto delle rampe che quando esse oltrepassino un certo limite, p. es., dai due ai tre centimetri; per conseguenza è d' uopo di prendere, per il prezzo del trasporto orizzontale, una specie di risultamento medio che sia un poco più forte di quello che risulterebbe dalle esperienze fatte sopra un terreno perfettamente orizzontale.

Ciò che abbiamo detto per il trasporto colle carriuole, applicasi egualmente al trasporto colle carrette. Basta introdurre nella formula generale i rapporti che appartengono a quest' ultimo modo.

1.° Risulta da esperienze dirette che un cavallo, lavorando 10 ore al giorno, può innalzare ad un metro di altezza, trasportandolo con una carretta sopra rampe di 1/12, e tornando vuoto, un peso di . . . . chilog.[i] 1,080,000

2.° Che il medesimo cavallo, conducendo dei materiali sopra un terreno orizzontale e tornando vuoto, può trasportare ad un metro . . . . » 15,120,000.

Dal che si conclude che l' elevazione verticale pei cavalli, sopra rampe di 1/12, deve esser pagata quattordici volte tanto quanto il trasporto orizzontale. La distanza da introdursi nella formula che darà il prezzo di questo terreno sarà dunque:

$$\left(D - \frac{H}{I} + 14\ H \right);$$

e la formula stessa, designando con p' il prezzo del trasporto orizzontale per un metro di lunghezza, sarà:

$$(3)\quad \left(D - \frac{H}{I} + 14\ H \right) p'.$$

Col mezzo delle formule (1) (2) (3) si regolerà sempre la distanza dei trasporti, senz' aver riguardo alla inclinazione delle rampe usate dagl' imprenditori: lo che è spesso una sorgente d' errori e di discussioni.

Del prezzo dei trasporti.

Abbiamo veduto, da quanto precede, come debbasi valutare la distanza degli sterramenti e degl' interrimenti, in tutti i casi possibili. Per tener conto delle differenze di livello, abbiamo aumentato la distanza orizzontale di una certa quantità; ci resta adunque a conoscere il prezzo del trasporto orizzontale tanto colle carriuole, come colle vetture. Siccome la distanza entra evidentemente nella sua composizione, la si determinerà, in ogni circostanza, secondo i numeri precedenti.

Prezzo del trasporto con carriuole.

Per istabilire questo prezzo, supponiamo che l'operaio che conduce la carriuola la trovi sempre piena quando arriva al sito del lavoro, e ch' egli la conduca immediatamente al *ricambio*, dove un altro operaio arriva, nello stesso tempo di lui, con una carriuola vuota, ch'eglino si scambiano. Se i ricambii sono bene combinati, la cosa succederà come abbiamo detto; e quand' anche in alcuni luoghi le abitudini fossero diverse, vale a dire che si lasciasse al primo operaio la cura di caricare la sua carriuola, non si deve per questo modificare le formule. Tocca agl' imprenditori il modificare gli usi che tornano a puro scapito, e non all' amministrazione di conformarvisi, e ciò che è più a dar loro una specie di approvazione tenendone conto.

Così i prezzi che noi andiamo a stabilire devono comprendere il costo del trasporto propriamente detto, e quello del tempo perduto per lo scambio delle carriuole e loro scarico al principio e alla fine del ricambio.

Risulta da diverse esperienze che un operaio, di forza media, può trasportare colla carriuola un peso di 1,045,000 chilogrammi ad un metro di distanza, lavorando da 8 a 10 ore per giorno; ma, in causa del tempo perduto, ridurremo questo peso di circa 1/5°, e prenderemo in numero rotondo 800,000 chilogrammi, che contrassegneremo colla lettera K. —

Ciò posto, sia p il prezzo della giornata di un carruolante, D la distanza ch' esso percorre; ne verrà da ciò che il trasporto di un chilogrammo ad un metro di distanza costerà:

$$\frac{p}{K}$$

ed alla distanza D,

$$\frac{p\,D}{K}$$

Contrassegnando con P il peso del metro cubo dei materiali trasportati, la formula più generale che darà il prezzo per un metro cubo sarà:

$$(1) \qquad \frac{p\,D}{K}\,.\,P$$

Ponendo per K il valore sopraddetto; supponendo di più che il metro cubo di terra pesi mediamente 1,600 chilogrammi, si avrà, per determinare il prezzo x, in pratica:

$$x = \frac{2\,p\,D}{1,000}.$$

Prezzo del trasporto colla vettura.

Porremo per il trasporto colla *vettura*, la stessa ipotesi come pel trasporto colle carriuole, vale a dire ammetteremo che quando una carretta giunge al sito del lavoro ne ritrovi un' altra di colma,

e che non occorra fuorchè staccare i cavalli di quella che arriva per attaccarli a quella che stava in aspetto. Questo metodo non è ancora introdotto da per tutto. Generalmente, il carrettiere aspetta che la sua carretta sia colma per ripigliare il suo viaggio; allora il tempo ch'esso perde, in una a quello dei suoi cavalli, dipende dal numero dei caricatori; ma qualunque ne sia il numero, limitato dalla condizione che i braccianti non s'imbarazzino, il tempo perduto è quasi sempre maggiore, secondo questo ultimo metodo, di quello che per l'attacco e distacco dei cavalli. Dove si voglia raggiungere il prezzo minimo, bisogna supporre i metodi più economici; imperciocchè in tal modo gl'imprenditori saranno forzati ad adottarlo, e si perverrà a compiere il lavoro con meno spesa, ed economizzando il tempo.

I prezzi che stabiliremo non comprenderanno la conseguenza che la spesa del viaggio propriamente detto, e quella dello scarico, del distacco e del riattacco dei cavalli, dovendosi sempre calcolare il carico separatamente.

In difetto di sperimenti diretti intorno ai trasporti colla vettura, noi non perverremo alla formula che ne stabilisce il prezzo per la stessa via che abbiamo seguito nel caso delle carriuole. Risolveremo quindi la questione direttamente.

Distingueremo colle lettere:

t : il tempo del distacco, riattacco e dello scarico; questo tempo viene espresso in *frazione* decimale della giornata, che prendiamo per unità;

T : il tempo che un cavallo impiega nel percorrere un metro;

q : il peso utile che può trascinare un cavallo colla carretta;

D : la distanza da percorrersi in ogni viaggio per l'andata e ritorno, la quale sarà 2 D.

Il tempo totale di un viaggio sarà dunque rappresentato da:

$$t + 2\,D\,T;$$

ed il numero dei viaggi fatto in un giorno, che noi prendiamo per unità sarà:

$$\frac{1}{t + 2\,D\,T};$$

in conseguenza, il peso trasportato da un cavallo, durante tutte la giornata, sarà eguale a

$$\frac{1}{t + 2\,D\,T}.$$

Distinguiamo con:

C il prezzo della giornata d'un cavallo,
V il prezzo della giornata d'un vetturale;

la spesa totale del trasporto del peso

$$\frac{q}{t + 2\,D\,T}$$

sarà dunque:

$$C + V,$$

e per avere il prezzo del trasporto dell'unità del peso, o di un chilogrammo, noi non abbiamo che a dividere queste spese per il numero totale dei chilogrammi trasportati. Designando questo prezzo con x, abbiamo:

$$(2) \qquad x = \frac{(C\,V)\,(t + 2\,D\,T)}{q}.$$

Se il trasporto si effettua con vetture a due cavalli, si otterrà il prezzo allo stesso modo; designando per t' il tempo del distacco, riattacco e scarico; per q' il peso trasportato da ogni cavallo; per T' il tempo del percorrimento di un mastro con due cavalli:

$$x = \frac{(2\ C + V)\ (t' + 2\ D\ T')}{2\ q'};$$

per tre cavalli, si avrebbe del pari:

$$x = \frac{(3\ C + V)\ (t'' + 2\ D\ T'')}{3\ q''}$$

e finalmente, per un numero di cavalli espresso da n, non vi sarebbe che da introdurre questo numero nelle formule sopraindicate.

Abbiamo supposto precedentemente che le quantità t T e q variino col numero dei cavalli attaccati, ma se ammettiamo che quelle restino costanti, l'espressione generale del prezzo di trasporto di un chilogrammo alla distanza D sarebbe:

$$x = \frac{(n\ C + V)\ (t + 2\ D\ T)}{n\ q} = \frac{\left(C + \frac{V}{n}\right)(t + 2\ D\ T)}{q}$$

valore che sarebbe tanto più piccolo, quanto il numero dei cavalli fosse maggiore. Questo risultamento deve sorprendere, qualora si vede il vetturaggio in paese di pianura (ed il nostro calcolo applicasi ad un trasporto orizzontale) tornare più vantaggioso con un cavallo che con due, ecc. Ma ciò tiene a questo: che le quantità t e q variano come abbiamo anzi a tutto supposto, col numero dei cavalli.

L'esperienza dimostra in fatti: 1.° Che occorre più di tempo pel distacco e riattacco di due cavalli che d'uno, perchè i loro movimenti non sono coordinati; 2.° Che un cavallo solo trascina proporzionatamente assai più di due o tre attaccati ad una stessa vettura; 3.° Che un cavallo corre più sollecito quando è solo di quando partecipa ad una muta numerosa.

Noi possiamo subito applicare queste formule ai trasporti effettuati sulle grandi strade a distanze considerevoli; allora il tempo dello stacco, riattacco, ecc., deve affatto negligersi, e la formula generale diventa:

$$x = \frac{(n\ C + V)\ 2\ D\ T}{n\ q}$$

nella quale si metteranno per T e q i valori relativi al numero dei cavalli.

1.° Nel caso di un solo cavallo, si può supporre $\frac{J}{T} = 0{,}00025$; $q = 1400$ chilog. Sia, d'altronde, $C = 3{,}50$; $V = 1{,}50$;

il prezzo di trasporto per mille chilogrammi

$$x = \frac{5 \times 0{,}00005\ D \times 1000}{1400} = 0{,}000178\ D.$$

2.° Per due cavalli si può supporre:

$\frac{J}{T}$ $0{,}000028$; $q = 1100$ chilog.; $C = 3{,}50$; $V - 1{,}50$

lo stesso prezzo sarà:

$$x = \frac{8{,}50 \times 0{,}000056\ D \times 1000}{24200} = 0{,}000216\ D.$$

Lo che fa vedere che il vetturaggio con un cavallo, in pianura, è più vantaggioso di quello a due cavalli: fatto asserito e constatato da parecchi condottieri di vetture. Abbiamo indicato altrove le cause che si oppongono a ciò che il commercio possa sempre adottare il primo sistema. Applichiamo frattanto queste formule ai trasporti di materiali a piccole distanze, come avviene nella costruzione delle strade. La formula generale è:

$$x = \frac{(2\,C + V)\,(t + 2\,D\,T)}{n\,q} \qquad (3)$$

Si hanno pochi dati intorno al tempo del distacco, riattacco e scarico; ciò non di meno si può ammettere provvisoriamente che il tempo perduto si componga come segue:

1.° Trasporto a un cavallo:

Per lo scarico	3'	8 minuti.
Pel distacco e riattacco	3'	
Tempo sprecato.	2	

2.° Trasporto a due cavalli:

Per lo scarico	4'	11 minuti.
Pel distacco e riattacco	5'	
Tempo perduto.	2	

3.° Trasporto a tre cavalli:

Per lo scarico	5'	16 minuti.
Pel distacco e riattacco	8'	
Tempo perduto	3	

Per avere dei numeri rotondi, nella quantità sopraindicata, si è un poco esagerato, laonde bisogna considerarli come un limite massimo. Altre esperienze fatte più accuratamente daranno risultamenti più piccoli.

Per la velocità nel viaggio si potrà prendere:

1.° A un cavallo: $\quad \frac{J}{T} = 0,000025;$

2.° A due cavalli: $\quad \frac{J}{T} = 0,000028;$

3.° A tre cavalli: $\quad T = 0,000030.$

Finalmente, rispetto al carico, non si deve calcolare per un cavallo trascinante una carretta sopra una strada di terra più di 770 chilogrammi, avvertendo che questo carico sarebbe anche troppo grave sopra le rampe, ma che abbiamo tenuto conto di questa circostanza nel valutare la distanza, e che queste formule non sono relative che al trasporto in pianura. Il carico per due cavalli sarà di 600 chilogrammi per cadauno; e per tre di circa 550. Riassumendo:

1.° Per un cavallo.		770 chilog.	= 770;
2.° Per due cavalli.	2 ×	660 »	= 1200;
3.° Per tre cavalli	3 ×	550 »	= 1650;

Introducendo questi dati nelle formule, il prezzo del trasporto diverrà:

1.° A un cavallo: $$x = \frac{5\,(0,0133 \times 0,0005\ D),}{770.}$$

2.° A due cavalli: $$x = \frac{8,50\,(0,0183 \times 0,00056\ D)}{1200}$$

3.° A tre cavalli: $$x = \frac{12\,(0,0267 + 0,0006\ D).}{1550}$$

Paragonando queste formule tra loro, si vede che per i trasporti in pianura, anche sulle strade di terra, non sarebbe mal vantaggioso adoperare più di un cavallo. Le condizioni che dovrebbero farne ammettere due, o tre, sarebbero le

stesse di quelle che abbiamo già indicato pel vetturaggio ordinario, vale a dire che ciò avrebbe luogo nel caso in cui vi fossero delle forti rampe da montare, o dei passaggi difficili in alcuni punti.

Tale conclusione non risulta del resto che dalla legge che abbiamo ammessa sol decrescimento dello sforzo esercitato dai cavalli, e della loro velocità, a misura che se ne aumenta il numero. Questa legge non è tuttavia appoggiata sopra sperimenti precisi, e dove se ne adottasse una differente, si potrebbe trovare maggior vantaggio nell' adoperare la vettura a un cavallo fino ad una certa distanza soltanto, al di là di quella prendendone due, e poscia tre.

Per la qual cosa, supponendo che il carico utile medio resti costante, come la velocità, e che il primo sia eguale a 700 chilogr. e la seconda a $33{,}000^{m}$ per giorno, si troverà che i prezzi sono dati dalle formole seguenti:

$$1.^{\circ} \quad x = \frac{5\,(0{,}0133 + 0{,}00006\,D)}{700}$$

$$2.^{\circ} \quad x = \frac{8{,}50\,(0{,}0183 + 0{,}00006\,D)}{1400}$$

$$3.^{\circ} \quad x = \frac{12\,(0{,}0267 + 0{,}00006\,D)}{2100}$$

Dal che si concluderebbe che non si deve adoperare la vettura ad un cavallo che fino a 250^{m}, e quella a due cavalli fino a 1900^{m}. L' estrema differenza di questi risultamenti fa vedere come sarebbe importante l' avere degli sperimenti precisi.

Metteremo la formola che abbiamo indicata sotto una forma più comoda per la pratica.

Il prezzo di trasporto di un chilogrammo alla distanza D viene dato generalmente da:

$$x = \frac{(n\,C + V)\,C\,t + 2\,D\,T}{n\,q};$$

quello d'un numero di chilogram.[i] espresso da P, sarà dunque:

$$x = P\,\frac{(n\,C + V)\,(t + 2\,D\,T)}{n\,q}$$

È da osservarsi tuttavia che T, che rappresenta il tempo del percorrimento d' un metro, è eguale a $\frac{1}{L}$ nel distinguere con L lo spazio totale che può percorrere un cavallo nella giornata. Del pari t, che rappresenta il tempo perduto, può essere sostituito dallo spazio d percorso dai cavalli, se quelli camminano durante questo tempo. Noi abbiamo in fatti:

$$d\,T = t = \frac{d}{L}.$$

Sostituendo a queste quantità il loro valore, nella formula sottoindicata si ottiene:

$$4.^{\circ} \quad x = P\,\frac{(n\,C + V)\,(d + 2\,D)}{n\,q\,L}$$

Se, in luogo di conoscere i pesi che possono trascinare i cavalli, se ne conoscessero i volumi, si determinerebbe il prezzo di trasporto, osservando che se nella formola (4) P rappresenta il peso di un metro cubo di materie da trasportarsi, $\frac{nq}{P} = C'$ sarà il volume trascinato da un numero n di cavalli; in conseguenza;

$$x = \frac{nC + V(d + 2D)}{\frac{nq}{P} \times L} = \frac{(nC + V)(d + 2D)}{C' \times L}$$

darà il prezzo di trasporto d' un metro cubo, ovvero designando con p il prezzo della giornata della vattura, compreso il conduttore:

$$\begin{cases} 1.^\circ \text{ Per il trasporto dei pesi} & x = \frac{P}{nq} \cdot \frac{p(d + 2D)}{L} \\ 2.^\circ \text{ Per il trasporto dei volumi} & x = \frac{1}{C} \frac{p(dC + 2D)}{L} \end{cases}$$

Sostituendo a d ed L i valori dedotti da quelli attribuiti precedentemente a t a T, si ha:

(6)

1.° Trasporto con un cavallo:

$$x = \frac{P}{q} \cdot \frac{p(530 + 2D)}{40000} = \frac{1}{C} \cdot \frac{p(530 + 2D)}{40000}$$

2.° Trasporto con due cavalli:

$$x = \frac{P}{2q} \cdot \frac{p(650 + 2D)}{33700} = \frac{1}{C} \cdot \frac{p(650 + 2D)}{30700}$$

3.° Trasporto con tre cavalli:

$$x = \frac{P}{3q} \cdot \frac{p(880 + D)}{33000} = \frac{1}{C} \cdot \frac{p(880 + 2D)}{33000}$$

Qualora si sostituiscano, in queste formule P, p e q coi valori relativi ad ogni caso particolare, si otterrà il prezzo richiesto. Così mettiamo per q e p i valori indicati precedentemenie, e supponiamo inoltre che si tratti di trasportare della terra vegetale forte, di cui un metro cubo può essere valutato a 1500 chilogr., si otterranno come formule di pratica:

f.

1.° Ad un cavallo . . . . $x = 0,13 + 0,00049\ D$;
2.° A due cavalli. . . . . $x = 0,23 + 0,00060\ D$;
3.° A tre cavalli . . . . $x = 0,29 + 0,00066\ D$;

nelle quali si calcolerà D, conforme a quanto abbiamo detto precedentemente.

Comparazione fra il trasporto colla vettura e quello colla carriuola.

Per le piccole distanze, la formola (n.° 1) dà i prezzi di trasporto meno elevati di quelli della formola (n.° 5); ma quest' avvantaggio cessa ben presto qualora si aumenti D, vale a dir che il trasporto colla vettura deve essere preferito a quello colla carriuola, quando lo si effettui a grandi distanze. Per sapere fino a qual punto si debba rigettare il primo ed abbracciare il secondo, bisogna osservare che mentre per dei piccoli valori di D la formola (n.° 1) dà dei risultamenti più piccoli della formola (5), ed al contrario di più grandi pei più forti valori, vi ha necessariamente un valore di D pel quale questi risultamenti sono eguali, il quale verrà dato dalla proporzione seguente, nella quale il secondo termine è la formola relativa ad un cavallo.

$$\frac{p\,D}{K} \cdot P = \frac{P}{q} \cdot \frac{p'(d + 2\,D)}{L}$$

ovvero:

$$\frac{1{,}50 \times D}{800000} = \frac{1}{700}\ \frac{5\,(530 + 2\,D)}{40{,}000}$$

da cui deduciamo: $D = 60^m$ circa. L' uso insegna tuttavia di adottare le carriuole fino a 130^m; ma è a credersi che se l' impiego della carretta fosse ben diretto tornerebbe avvantaggioso a distanze più corte. Bisogna quindi osservare che ciò non si riferisce che al trasporto in pianura, ma che se vi fossero delle rampe dove occorresse l' uso della vettura a due o tre cavalli, si dovrebbe allora, per le considerazioni esposte precedentemente, paragonare la formola (n.° 1) alle formole applicate a due o tre cavalli. — Nel primo caso, p. e., noi avremmo:

$$\frac{1{,}50\ D}{800000} = \frac{1}{1200}\ \frac{8{,}50\ (650 + 2\ D)}{35700}$$

da cui dedurremo:

$$R = 100, \text{circa.}$$

Finalmente il trasporto colla carriuola, paragonato a quello a tre cavalli dà:

$$D = 130 \text{ circa.}$$

L' uso delle carriuole è qualche volta imposto dalla impossibilità in cui si si trova di stabilire i trasporti colla vettura; ma quando si è in facoltà di scegliere e che gli sterramenti devono essere innalzati ad una certa altezza, bisogna, per paragonare le formole come abbiamo fatto, ammettere il valore D, come noi lo abbiamo calcolato.

Così paragonando il trasporto colle carriuole con quello ad un cavallo, si otterrà:

$$\frac{1{,}50\left(D-\frac{H}{I}+18\,H\right)}{K}=\frac{1}{9}\;\frac{5\left\{530+2\left(D-\frac{H}{I}+14\,H\right)\right\}}{400000}$$

dal che si deduce, facendo $I=\frac{1}{12}$

$$D=60-7\,H.$$

E ciò fa vedere che la distanza alla quale si deve cominciare i trasporti colla vettura, diminuisce a misura che l' altezza alla quale si devono innalzare gli sterramenti diventa più grande.

Ricorderemo che non si deve tener conto dell' insieme dei termini $D-\frac{H}{I}$ nella proporpozione suddetta che allora quando si abbia: $D>\frac{H}{I}$

Dove si avesse $D=\frac{H}{I}=12\,H$ (lo che corrisponderebbe al caso in cui la distanza orizzontale degli sterramenti od interrimenti fosse giustamente eguale allo sviluppo necessario per istabilire delle rampe di $\frac{1}{12}$) il valore di D si ridurrebbe a 40^{m}: lo che prova che è a questo limite che i trasporti colla carriuola dovrebbero cessare.

TRASPORTO COL CARRETTO.

Chiamasi carretto un piccolo carro a due ruota destinato ad esser condotto da uomini. Non si può generalmente valersi di questo mezzo di trasporto che nelle parti orizzontali o discendenti; nelle rampe esso non offre alcun vantaggio in confrunto delle carriuole.

Si può calcolare che in piano tre uomini, tirando un carretto, possano trasportare ad un metro di distanza, compreso andata e ritorno, 5,400,000 chilogrammi: ciò sarebbe dunque per un uomo solo 1,800,000 chilogrammi. Noi distingueremo questo numero colla lettera K', e la formola che darà il prezzo sarà:

$$x=\frac{p\,D}{K'}\;P$$

Paragonandola a quella relativa al trasporto colle carriuole, se ne deduce che questo modo di trasporto è il più vantaggioso di tutti; si dovrà dunque adottarlo tutte le volte che lo si possa.

Quando gli scavi sono molto profondi, come nel caso di fondazioni pei ponti, e che le terre debbano esser deposte sulla via che conduca agli approdi, si deve esaminare se non vi fosse un modo più economico d' innalzarle, tranne che

col mezzo delle rampe. In tal caso, la distanza D sarà sempre più piccola di 12 H; la spesa sarà dunque proporzionale, per un metro cubo innalzato all' altezza H, a

$$\frac{p \times 18 \text{ H}}{\text{K}} \; p.$$

Supponiamo che al di sopra dello scavo si stabilisca una ruota a piuoli, come quelle usate nelle petriere, mercè alle quali un uomo può innalzare 260,000 chilogr. ad un metro di altezza per giorno, lo che corrisponde per l' elevazione

di un chilogr.° ad un metro a $\frac{p}{260000}$,

a quella d' un numero di chilogrammi

espresso da P a $\frac{p \text{ P}}{260{,}000}$ ed all' altezza H, la spesa sarà:

$$\frac{p \text{ H}}{260{,}000} \; \text{P};$$

ma in quest' ultimo caso bisogna aggiungere il prezzo del trasporto orizzontale fino agli approdi della strada alla distanza D; di maniera che la spesa totale diverrà:

$$x = \frac{p \text{ D P}}{\text{K}} + \frac{p \text{ H P}}{260{,}000}$$

Se questo prezzo, aumentato della spesa dello stabilimento della strada e della mano d' opera che questo esige, è minore del primo, si dovrà adottare l'ultimo sistema. In tali circostanze s' innalzano qualche volta le terre gettandole colle pale u differenti riprese sopra alcune banchine disposte a scaglioni che si

stabiliscono ordinariamente a 2 metri le une al di sopra delle altre.

Fu talvolta usato, pegli scavi dei canali e dei bacini, un processo che consiste nello stabilire sulle scarpe del bacino o canale, e perpendicolarmente alla loro base, alcune rampe a panconi larghe circa 18 a 20^{m}. Alla sommità di ogni rampa sonovi delle puleggie sopra le quali accavalcasi una medesima fune la cui due estremità discendono seguendo la rampe. A queste si attaccano delle carruole, delle quali l'una, che è piena, monta, mentre l' altra ch' è vuota discende. Un cavallo dà il movimento alternativo a queste corde.

Questo mezzo sembra vantaggioso quando l' altezza degli interrimenti oltrepassa i 6 o 7 metri.

La scelta dei mezzi da adoperarsi pel movimento delle terre è qualche volta di molta importanza. Mediante la conoscenza degli effetti utili che possono produrre gli uomini o i cavalli, operando sopra differenti macchine, si potrà sempre determinarsi pel più vantaggioso. A quest' uopo noi daremo in seguito un quadro indicante le quantità di lavoro che possono fornire mediamente gli uomini a gli animali, in differenti circostanze.

Per far ben comprendere l' uso della formole che abbiamo date, le applicheremo alla valutazione delle spese di trasporto dello sterramento, fatto colle carriuole, di un bacino A B C D (fig. 40) la cui terre dovevano esser portate metà per parte sui due argini dello scavo, in modo da formare due cavalieri separati, nei labbri estremi da un tratto orizzontale D E.

Sarà sufficiente il calcolare la distanza del trasporto di ogni parte di sterramento. Una volta questa conosciuta non resterà più che di introdurla nelle formole che stabiliscono il prezzo.

Conducasi anzi a tutto pel punto D una retta D I, colla inclinazione di 1/12; tutto il solido D I K che si troverà al di sopra di essa, potrà essere innalzato all'altezza della parte orizzontale D E per vie di rampe di una inclinazione minore di 1/12. Supponiamolo concentrato nel suo centro di gravità G; allora il problema si ridurrà ad innalzare ed a trasportare questo cubo da G in D. Sia D la distanza orizzontale, D M, H la distanza del livello G M; la distanza del trasporto di queste prime parti da mettersi nelle formole sarà:

$$D - \frac{H}{I} + 18\ H = D + 6\ H.$$

Ragionando allo stesso modo per la parte inferiore, e designando con D' ed H' le quantità corrispondenti a D ed H, egli è evidente che $- D \frac{H}{I}$ è negativo, e che questo termine deve omettersi; la distanza da introdursi nelle formole sarà dunque:

$$18\ H',$$

Si eggiungerà a cadauno di questi valori la parte orizzontale D E; si opererà egualmente rispetto al cavaliere E F G K.

Se la sua forma è tale che la linea E L, inclinata al dodicesimo, determini una sezione più grande di D I K, si compirà il triangolo E L K cogli sterramenti presi al di sotto di D I K.

Della forma dei cavalieri.

Quando si devono ribracciare le terre, si dà ordinariamente ai cavalieri le forme d'un trapezio E F G K (fig. 40) i cui lati E F, G K sono inclinati in ragione di 3 di base per due di altezza. Se avviene che si possa astendersi indefinitamente secondo la linea E K, senza nuocere all'agricoltura, può tornare vantaggioso, sotto il rapporto delle spese dei trasporti, d'allungare l'interrimento dandogli un'altezza minore, in maniera che la superficie della sezione E F G K resti sempre la stessa. Fra tutte le forme che si può adottare, comprendesi che ve n'ha une più avvantaggiosa di tutte le altre. L'analisi indica che onde pervenire al *minimum* delle spese, devesi prendere la base eguale a 15 volte circa l'altezza del trapezio, i lati laterali conservando sempre la loro inclinazione.

Laddove si adottassero inclinazioni differenti pei lati del trapezio e per le rampe, ed un'altra formola di trasporto, per esempio:

$$D - \frac{H}{I} + m\ H,$$

allora designando con a e b la base e l'altezza del trapezio, e con n il rapporto dell'inclinazione dei lati laterali, si dovrebbe avere, onde pervenire al *minimum* della spesa:

$$a = b \sqrt{\frac{m\ (s + n\ I)}{I}}$$

formula che fa vedere che nel caso di trasporto con vettura, pel quale m è più piccolo che colle carriuole, la differenza della base all'altezza dovrà esser minore.

Degli Sterramenti.

Gli sterramenti si fanno per lo più a giornata, od a compito. In tutti i casi, è necessario, per valutarne la spesa, considerare la natura dei terreni ed i mezzi di esecuzione.

Sebbene, rispetto alla natura dei terreni, abbiamo già fatti precorrere alcuni cenni nell'articolo Sorvegliante, alla pag. 190, ciò nulla di meno, trovando qualche differenza tra la classificazione per noi data e quella del sig. Gayffier, da cui ricaviamo questi ragguagli, ripeteremo adesso la distinta medesima del nuovo autore, come quella sopra la quale egli si basa per determinare i valori unitarii.

Qualità delle terre:

1.° Torba o loto,
2.° Terra paludosa, e terra ordinaria,
3.° Terra friabile molto leggera,
4.° Sabbia fluida o arena poco compatta,
5.° Terra friabile ordinaria,
6.° Arena compatta,
7.° Argilla,
8.° Argilla plastica,
9.° Marna,
10.° Tufo ordinario mescolato di pietra arenaria,
11.° Roccia.

Rispetto all' esecuzione, i terreni designati sotto i quattro primi numeri si rimuovono ordinariamente colla vanga, senza che sia necessario adoperare la zappa prima di caricarli nelle carrette o nelle carriuole. Quelli indicati dai quattro numeri successivi devono essere rimossi col picco o la zappa prima di caricarli, e presentano più o meno di difficoltà, secondo il loro grado di consistenza. Qualche volta occorre per ismuoverli minarli al di sotto, e si fanno cadere in massa, mercè a cunei picchiati superiormente; ma questo processo non ha luogo che pegli sterramenti che hanno una certa altezza. Nei lavori del genio militare, indicasi la difficoltà di estrar queste terre chiamandole terre da un *uomo e mezzo*, da *due*, da *tre*, secondo abbisognano tre uomini allo scavo per fornir materia a due portatori, due, o tre per fornirne a uno solo. Finalmente, quelli distinti coi numeri 9, 10, 11 domandano qualche volta dei mezzi più potenti ancora del piccone per essere distaccati, per cui si adoperano i cunei, per cavarli a pezzi più o meno grossi. Quando la roccia è durissima, e ch'essa costituisce realmente una pietra compatta, come il granito, il marmo, la calcaria, ecc., neppur questo mezzo giova, e si è obbligati ad usare la mina, facendo prima dei fori di circa met. 1,50 di profondità, che si riempiono di polvere e la cui esplosione fa distaccare le parti della massa.

I fori della mina si praticano mediante un ferro appuntito, sopra cui si picchia con una mazza.

Si hanno molti sperimenti intorno al prezzo dello scavo dei terreni di natura diversa, aventi per iscopo di far conoscere il tempo impiegato dagli operai nello scavare, caricare, slanciare, ecc., un metro cubo di sterramento, ma tali risultamenti devono variare in molte circostanze, in ragione dei luoghi, della forza e dell' ardore degli operai, ragione per cui ne abbiamo inserito parecchi nelle tabelle che seguono. — Per via di queste tabelle sarà sempre facile lo stabilire i valori unitarii onde appaltare i lavori agl' imprenditori; avvertendo che è di costume l' aggiungere un ventesimo del prezzo dello scavo per le spese degli utensili, ed un altro decimo pel prezzo totale, a benefizio dell' imprenditore.

***TABELLA** del tempo impiegato per eseguire differenti lavori, secondo l' esperienze di diversi autori.*

NB. La giornata lavorativa è considerata di 10 ore, e si è preso l'ora per unità di confronto, suddivisa in centesime parti.

Indicazione dei lavori	Risultamenti ottenuti								Osservazioni
	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	
Scavo di un metro cubo di terra comune mista	0	75	0	602	0	60	0	667	
Id. id. di torba, o di loto	1	8	1	50	0	78			
Id. id. di sabbia o arena sciolta	0	43	1	48					
Id. id. di terra friabile molto leggera	0	80							
Id. id. di terra friabile ordinaria	0	90							
Id. id. di arena compatta	1	87	1	20	2	00	1	21	
Id. id. di argilla, e d'argilla plastica	1	40	1	50					
Id. id. di marna	2	00							
Id. id. di tufo ordinario	3	50							
Id. id. di tufo misto a pietre	4	95							
Id. id. di tufo petrificato	5	60							
Id. id. di tufo arenoso	6	00							
Id. id. di roccia estratta colla mina	5	60							
Scavo, compreso lo slancio od il carico.									
Di un metro cubo di terra ordinaria slanciata a 2.m almeno, 4.m al più di lontananza, o innalzata a 1,m60									

Indicazione dei lavori	Risultamenti ottenuti								Osservazioni
	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	
al di sopra dello scavamento, o caricata in una carriuola o carretto . .	o	804							
Di un metro cubo di sabbia o terra nella acqua, caricata in una carretta o deposta alla distanza del braccio	1	43	.	. .	.	. .	.	. .	L' operaio restando in parte immerso nell' acqua.
Di un metro cubo di sabbia o terra nell' acqua, innalzata a $1.^{m}60$, o slanciata a $2.^{m}$ almeno e 4 al più, o caricata nelle carriuole	1	67							Id. id.
Id. Scavo e getto . .	1	00							
Getto di un metro cubo di terra leggera	1	76							
Id. di un metro cubo di terra ordinaria . . .	1	16	1	70					
Id. id. di terra dura mista o pietra	.	. .	3	37					
Un metro di tufo ordinario	.	. .	4	05					
Id. di tufo durissimo.	.	. .	5	40					
Id. di melma. . .	1	90							
Id. di roccia estratto coll' mina	6	00							
Id. di sabbia . . .	o	48							
Id. di ghiaia . . .	1	21							
Id. di belletta . .	o	78							
Secondo scavo o rizappatura.									
Di un metro cubo di terra comune mista	o	40							
Id. terra leggera.	o	88							

Indicazioni dei lavori	Risultamenti ottenuti								Osservazioni
	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	
Di un metro cubo di terra forte ordinaria	1	35							
Id. terra dura commista à pietrame . .	1	68							
Id. tufo ordinario	2	02							
Id. tofo durissimo.	2	70							
Getto con la pala.									
Di un metro cubo di terra comone mista . . .	o	40							
Terra dura, pietre, argilla plastica	o	47							
Ribraccio e ricarico nelle carriuole.									
Di un metro cobo di terra ordinaria	o	40	o	67	o	33			
Id. terra dora, pietre, argilla plastica	o	47							
Carico nelle carriuole.									
Di un metro cubo di terra vegetale			o	60					
Id. Argilla, terra dora, pietra tofo			o	70					
Melma			1	75					
*Trasporto colle carriuole a 30.^m^*									
Di un metro cubo di terra comnne	o	40	o	62	o	67	o	44	
Terra petrosa, argilla plastica	o	47	o	55					

Indicazione dei lavori	Risultamenti ottenuti								Osservazioni
	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	Ore	Cent.	
Ribraccio e carico in un carretto.									
Di un metro di roccia schistosa, estratta colla mina .			1	28					
Id. Terra ordinaria.	0	40	0	65	0	83	0	28	
Terra dura, pietrame, argilla plastica . .	0	47	0	75					
Compianamento.									
Di un metro cubo di terra comune.	0	15	0	15	0	30			
Id. id. di argilla plastica, tufo e terra dura .	0	17	0	25	0	44			
Id. id. di ghiaia . .	0	26							
Id. id. di melma . .	0	54							
Battitura col pestello.									
Di un metro cubo di terra vegetale, e di argilla . .	0	60	0	50	0	50	0	66	
Id. id. di terra dura sabbioniccia o forte . .	0	40							
Id. id. argilla plastica, e tufo	0	64							
Compianamento delle superficie terrose, al metro quadrato.									
Terra vegetale, terra sciolta, sabbia.	0	10							
Argilla, terra dura, pietrosa, tufo	0	13							

Altri risultamenti di esperienze intorno alla mano d'opera

NB. *I prezzi seguenti comprendono lo scavo, il carico ed altre spese accessorie.*

Indicazione del terreno	Qualità	Prezzo della giornata, 1 franco e 25 cent.		Aumento del prezzo, quando si trovano delle radici	
		Fr.	Cent.		
Terra ordinaria	Leggera	0	23		
	Ordinaria	0	24	Per 0,m16 d'altezza di sterramento	1/6
	Mescolata a pietrame	0	29	0,33 id.	1/7
	Sabbioniccia	0	26	0,66 id.	1/8
	Pietruzze	0	27	1,00 id.	1/13
				1,33 id.	1/18
Sabbia	Sciolta	0	20	1,66 id.	1/19
	Ordinaria	0	22	2,00 id.	1/40
	Arenosa	0	25	4,00 id.	1/44
	Petrificata	0	27	6,00 id.	1/58
				8,00 id.	1/70
Argilla	Ordinaria	0	33	12,00 id.	1/116
	Mista a pietre	0	40	14,00 id.	1/176
	Tenace	0	37	16,00 id.	1/350
	Porosa	0	47		
Marna	Marne	0	44		

Indicazione del terreno	Qualità	Prezzo della giornata, 1 franco e 25 cent.		Aumento quando non v' abbia altezza nello sterramento		
		Fr.	Cen.			
Strada battuta	Ordinaria . . .	0	36	Per 2,^{m}00 di altezza		0/000
	Costrutta con ciottoli	0	50	1,66	id.	0/000
	Lastricata . . .	0	60	1,33	id.	1/29
Terra forte	Ordinaria . . .	0	33	1,00	id.	1/15
	Sabbionosa . .	0	36	0,66	id.	1/11
	Mescolata di pietre	0	38	0,33	id.	1/5
	Argillosa . . .	0	45	0,16	id.	1/7
	Dura mescolata con pietre . .	0	47	Diminuzione quando l'altezza dello sterramento è assai grande		
Tufo	Ordinario . . .	0	61	Per 2,^{m}00 di altezza		0
	Mescolato di pietre	0	69	4,00	id.	1/58
	Petrificato . . .	0	77	6,00	id.	1/18
	Argilloso . . .	0	87	10,00	id.	1/15
				12,00	id.	1/13
Fango	Melma o torba .	0	47	14,00	id.	3/10
	Mescolato a ciottoli	0	65	16,00	id.	1/4

QUADRO degli effetti giornalieri prodotti mediament

Num.° progressivo	Natura del lavoro e modo di agire del motore
1	Un uomo lavora col carico sulla schiena, e tornando libero . . . .
2	id. viaggiando carico di un fardello sul dosso . . . .
3	id. trasportando materiali in una carriuola, e tornando vuoto in cerca d' altri . . . .
4	id. innalzando pesi colla carriuola sopra rampe di 0,08 . . . . . .
5	id. innalzando un carico sulla schiena . . . .
6	id. innalzando pesi e sollevandoli con la mano . . . . ,
7	id. tirando orizzontalmente di una maniera continua . . . .
8	id. trasportando materiali in un carretto a due ruote, e tornando vuoto.
9	id. innalzando pesi col mezzo di una corda passata sopra una puleggia .
10	id. operando sopra una ruota a caviglie o a tamburo . . . .
	1.° a livello dell' asse . . . .
	2.° verso il basso delle ruote . . . .
11	id. innalzando materiali, mediante un cilindro a manivella . . . . . .
12	id. tirando una slitta. . . . .
13	Un cavallo attaccato ad una carretta, camminando di passo, e sempre carico . .
14	id. caricato sulla schiena in viaggio . . . .
15	id. correndo forte. . . . .
16	id. al passo ordinario . . . .
17	id. attaccato, di trotto, e sempre carico . . . .
18	id. trasportando fardelli sopra una carretta, e tornando vuoto. . . . .
19	id. innalzando pesi con una carretta sopra rampe di 0,08 . . . . . .
20	id. tirando sopra una ferrovia . . . .
21	id. tirando un battello in un canale . . . .
22	id. da maneggio . . . . . { effetto totale . . . . . .
	{ effetto utile . . . . . .

NB. La forza dell' uomo essendo rappresentata dal n.° 1, quella dell' asino, del mulo, del bue

l'uomo e dal cavallo in diversi generi di lavori.

Num.° progressivo	Peso trasportato in chilogram.	Sforzo esercitato in chilogram.	Velocità del motore per secondo, in metri	Durata del lavoro giornaliero	Effetto giornaliero: 1 Chilogrammo portato ad 1 metro	Effetto giornaliero: 1 Chilogrammo innalzato ad 1 metro
				Ore	Chilometri	Chilometri
1	60	»	0,53	6	700,000	»
2	40	»	0,75	7	756,000	»
3	60	»	0,50	10	1,020,000 1,045,000	»
4	»	»	»	10	»	43,200
5	65	»	0,04	6	»	56,000
6	20	»	0,17	6	»	73,440
7	»	12	0,70	8	»	207,000
8	100	»	0,50	10	1,800,000	»
9	»	18	0,20	6	»	77,760
·0	»	60	0,15	8	»	259,200
	»	12	0,70	8	»	251,120
·1	»	8	0,78	8	»	180,000
2	90	»	»	»	626,000	»
3	700	»	1,10	10	27,720,000	»
4	120	»	1,10	8	3,802,000	»
·5	1,000	65	1,20	8	34,560,000	2,246,400
·6	800	55	1,10	10	31,680,000	2,178,000
·7	350	»	2,20	4,50	12,474,000	»
8	700	»	0,60	10	15,120,000	»
·9	»	»	»	10	»	1,080,000
·0	5,000	60	1,20	8	207,360,000	2,074,000
·1	60,000	65	08	12	2,073,600,000	2,246,000
	»	58	0,85	8	»	1,420,000
2	»	48	0,85	8	»	1,175,000

...avallo sono mediamente e respettivamente rappresentate dai n.i 2, 5, 6, 8.

TAVOLA di valutazione del peso del metro cubo di diverse sostanze.

INDICAZIONE DELLE SOSTANZE		PESO del metro cubo
Terra vegetale	Chilog.[i]	1250
Terra forte arenosa	"	1400
Terra friabile	"	1200 a 1500
Argilla, e argilla plastica	"	1700
Marna	"	1600
Terra o sabbia detta di Bruyere	"	650
Sabbia fina e secca	"	1400
Sabbia fossile argillosa	"	1750
Sabbia di riviera umida	"	1800
Melma	"	1650
Torba secca	"	150
Torba umida	"	800
Terriccio	"	850
Ghiaia e pietruzze	"	1400
Pietra calcarea franta, della natura della pietra litografica	"	1350
Calcarea jurassica acciaccata	"	1330
Ghiaia del Reno	"	1610
Rosticci, scorie di ferro	"	850
Scorie vetrose	"	1450
Pietra pomice	"	700
Pietra molare porosa	"	1250
Travertino compatto	"	2500
Pietra da costruzione	"	2000
Id. da pavimenti	"	2400
Granito	"	2500
Schisto	"	1800
Schisto e ardesia	"	2700
Scorie vulcaniche	"	800

DELLE STRADE SELCIATE ED IN MURATURA.

Abbiamo abbastanza parlato, in via generale, delle dimensioni delle parti costituenti una strada; torremo adesso ad esaminarle sotto al punto di vista dei rapporti da stabilirsi fra esse, a tenore delle circostanze.

Tre sono le forme che possono darsi ad una strada. Il profilo trasversale può essere: 1.° concavo, composto di una sola linea curva, o di due linee rette (fig. 41); 2.° piano, composto di una sola linea orizzontale od inclinata; 3.° convesso, composto di due rette, o di una sola linea curva continua. Usasi particolarmente nelle vie traverse delle città e dei villaggi. Avvi inoltre una 4.ª forma, che è una combinazione delle precedenti, la quale consiste in un rialto convesso accompagnato da marciapiedi a rampa verso il lembo esteriore, con canaletti laterali. Tale disposizione ha per iscopo di fare omettere i fossi, e di allontanare le acque dalle case vicine.

La prima disposizione fu raccomandata dal sig. Trésaguet pei profili, in paese montuoso, in quanto che essa dispensa dal praticare un fosso dal lato della montagna. Essa offre inoltre più sicurezza ai viaggiatori, mentre permette di formare una banchina verso il precipizio, sebbene non vada esente da inconvenienti; perchè il frequente scolo delle acque distrugge l' aderenza dei materiali e deteriora profondamente il terreno; per la qual cosa non è opportuno adottarla che nelle strade selciate.

La seconda presenterebbe presso a poco i medesimi inconvenienti della prima, mentre la parte di mezzo della strada essendo più frequentata delle laterali, acquisterebbe ben presto la forma concava: ciò non di meno la linea inclinata è qualche volta da preferirsi nei profili in montagna.

La terza forma è evidentemente la più vantaggiosa di tutte, di modo che la è appunto quella che si adotta quasi sempre, perchè essa soddisfa meglio alla condizione essenziale, che è quella di asciugare facilmente e prontamente. La pendenza trasversale agevola lo scolo delle

acque pluviali nei fossati o sui terreni vicini, e la sua superficie resta perfettamente unita.

Per combattere più facilmente l' umidità fu immaginato di costruire delle strade la cui superficie superasse il terreno circostante, ma i materiali non essendo spalleggiati si sconettono facilmente sotto l'azione delle ruote, non potendo mai legarsi in maniera da formare una massiccista compatta; per la qual cosa fa d' uopo tornare alla forma indicata dalla fig. 42.

Dell' arcuazione.

L'oggetto dell'arcuazione essendo quello di facilitare lo scolo trasversale delle acque, questo effetto riuscirà tanto più pronto quanto quella sarà più forte; ma esso vien limitato da un' altra considerazione: che i cavalli provano molta difficoltà nel camminare sopra un piano inclinato, ragion per cui le vetture corrono sempre pel mezzo di una strada molto arcuata, e ne derivano quindi delle solcature. — Nel tempo delle brine, i veicoli a grande velocità sono anche esposti a rovesciarsi quando incontrano dei carri, i quali difficilmente abbandonano il mezzo della strada ch' essi occupano sempre di fatto, se non di diritto. L' eccesso di arcuazione torna dunque incomodo per il grosso roteggio, e pericoloso pei viaggiatori, nello stesso tempo ch' esse impedisce che si usi delle strade uniformemente.

Nelle vie selciate adottasi una pendenza trasversale di 2 a 3 centimetri per metro pei marciapiedi. Per quelle acciottolate non di 4 a 5. In quanto al terrapieno, onde evitare lo spigolo che formerebbero nel mezzo due piani inclinati, lo si profila secondo un arco di circolo, cui si dà per solito una freccia eguale al

cinquantesimo della larghezza. Forse sarebbe opportuno di adottare lo stesso profilo per tutta la strada; imperciocchè risulta, dietro la prima disposizione, che una vettura la quale sopra un margine, p. es., di 5 metri ha una ruota sul labbro di esso, si trova realmente sopra un piano inclinato a più di 5 centimetri per metro; mentre dietro la seconda disposizione essa troverebbesi, al contrario, sopra un piano con una inclinazione minore di 4 centimetri per metro, com' è facile comprendere dal tracciato punteggiato della figura 43 (1).

Larghezza.

Nulla abbiamo da aggiungere a quanto dicemmo già intorno alla larghezza totale delle strade, e solo daremo alcuni schiarimenti rispetto alla larghezza del terrapieno che può variare indipendentemente dalla strada stessa.

Per rendere possibile il passaggio incrociato di due vetture sulla medesima strada, è quasi necessario di darle la larghezza di 5 metri; ma questa condizione non è la sola che influisca sulla determinazione di tale dimensione. — Faremo anzi a tutto osservare che i carrettieri i quali corrono liberamente non mettendo mai una delle ruote sul labbro estremo della carreggiata, lasciano almeno da 20 a 25 centimetri di spazio da ogni lato, che non subiscono lo sfregamento delle ruote che per eccezione v. g., incontrandosi con un'altra vettura. La parte frequentata e compressa delle ruote riducesi dunque alla larghezza totale L, diminuita di 0,50. Ma anche questa può suddividersi in parecchie zone inegualmente usate. Supponiamo che la larghezza della strada delle carrette, misurata dall'interno di un quarto delle ruote all' esterno dell' altro quarto sia met. 1,60, e che la larghezza totale del margine sia di metri 3,70; la parte principalmente usata sarà di $3,70 - 0,50 = 3,20$ rappresentata *da* A' B' (fig. 44 n.° 1). Ammettiamo inoltre che le ruote abbiano 0,20 di larghezza nei quarti, l' esterno dell' uno essendo collocato in A', l' interno

(1) Il profilo trasversale di una strada avente 5 metri di margine è rappresentato dalla fig. 43. La via delle vetture è presso a poco di 1,70; di maniera che l' una delle ruote trovandosi in A, l' altra in B, l' inclinazione della linea A B è eguale a $\frac{BC}{1{,}70}$ per aver B C, osserviamo anzi a tutto che se noi proponiamo la freccia $EF = 0{,}10$ abbiamo:

$$R^2 = \overline{AF^2} + (R - EF)^2 = \overline{AF^2} + R^2 - 2\,\overline{EFR} + \overline{EF^2}$$

dal che

$$R = 31^m,30;$$

di più, nel triangolo O B G noi abbiamo:

$$\overline{BG^2} = \overline{R^2 - OG^2} = \overline{31\,30^2} - (2{,}50 - 1{,}70)^2$$

e

$$BG = 31^m,29$$

il punto B non è dunque che di un centimetro più basso del punto E; così da questo punto al punto A hannovi 9 centimetri per 1,70 di larghezza: lo che dà più di 5 centimetri per metro.

dell' altro sarà in C, e la vettura occuperà la posizione marcata da (1, 1) e potrà prendere successivamente quelle indicate da (2, 2) (3, 3) in numero eguale ad

$$\frac{A' \, B' - 160}{0{,}20} = \frac{A \, D - 0{,}50 - 1{,}50}{0{,}20} = \frac{3{,}70 - 0{,}50 - 1{,}60}{0{,}20} = 8,$$

ed in questo caso la parte intermediaria di 3,20, decomponendosi in due zone giustamente aguali alla strada sarà, egualmente consumata, od almeno potrà esserlo sopra tutti i punti.

Supponiamo tuttavia che il margine abbia 5,30 di larghezza totale, A B (fig. 44 n.° 2). La parte intermedia si decomporrà in tre zone eguali alla strada, una vettura potrà subito occupare le posizioni indicate da (1, 1) (2, 2) ... (8, 8); ma pervenuta a quest' ultima posizione (8, 8) il n.° 1 e seguenti della zona intermedia, a quelli della 3ª. daranno altrettante posizioni nuove, il numero sarà dunque:

$$\frac{5{,}30 - 0{,}50 - 1{,}60}{0{,}20} = 16$$

ma in questo caso, si vede che la zona di mezzo, sopporterà essa sola tanto sfregamento quanto le due estreme unite insieme, mentre in tutte le posizioni possibili della vettura essa contiene una ruota; se ve ne fosse un più gran numero, vale a dire se il margine fosse più largo, è facile comprendere che le zone estreme non sopporterebbero mai oltre la metà del carico delle intermedie.

Designando generalmente con L la larghezza della strada, con v quella della carreggiata con J quella del quarto, il numero delle posizioni differenti sarà dato dalla formola generale:

$$\frac{L - 0{,}50 - v}{J}$$

Esaminiamo frattanto quale sarà il miglioramento ottenuto da questo aumento di larghezza fra la strada n.° 1 e la strada n.° 2 della fig. 44 eguale alla carreggiata. Supponiamo che il vetturaggio sia precisamente lo stesso sulle due strade; sopra la prima, cadauna zona sopporterà una ruota ad ogni passaggio. Rappresentiamo con l' unità la fatica od il logoramento di queste zone.

Sulla seconda, la zona di mezzo sopporterà del pari ad ogni passaggio una ruota; il suo logoramento sarà dunque eguale alla unità; ma le zone estreme non sopporteranno una ruota che per due passaggi, e la loro logorazione sarà rappresentata da 1/2.

Rispetto al logoramento totale, l' aumento della larghezza non produrrebbe alcuna diminuzione, se questo logoramento crescesse in una proporzione eguale a quello del passaggio; ma sembra risultare da alcune esperienze che questa eguaglianza di accrescimento non abbia luogo, e che abbisognerebbe per la manutenzione delle zone estreme della strada n.° 2 un cubo di materiale meno considerevole della metà di quello necessario alla zona intermedia, ovvero, lo che torna lo stesso, alle due zone della strada n.° 1; di maniera che vi sarebbe vantaggio nell' allargare la carreggiata. La differenza nella manutenzione sarebbe del pari assai grande, mentre non si può obbiettare l' eccesso della spesa d' una strada larga sopra una stretta. — L' autore di tali sperienze aggiunge di più che non è possibile ottenere una durata eguale in una

strada stretta come in una larga, anche adoperando una gran quantità di materiali.

Con un buon metodo di manutenzione si perviene sempre ad ottenere una durata conveniente in tutti i punti della strada, ma non è meno vero che vi ha sempre vantaggio quand'essa è larga, mentre le ruote percorrono facilmente tutti i punti, e ciò produce la compressione e l'aggregamento dei materiali in luogo di disunirli, come avviene qualora si ricalcano sempre i medesimi solchi.

Ammettendo che tali risultamenti sieno perfettamente esatti, faremo osservare che, per migliorare una strada, mercè soltanto una maggiore larghezza, bisognerebbe che tale aumento fosse sempre eguale a due volte la carreggiata, mentre la strada n.° 2 (fig. 44) che non differisce che una volta sola dalla prima, conserva una zona che si troverà sul medesimo stato di quella della strada n.° 1; ma dov'ella fosse aumentata di met. 1,60, vale a dire se la larghezza complessiva fosse eguale a $5,30 + 1,60 = 6,90$ il logoramento delle 4 zone sarebbe la metà, e si approfitterebbe realmente del vantaggio sopra indicato in ciò che è relativo al percorrimento. Fuori di questo caso, la parte intermedia non essendo trovata migliore di quella della strada n.° 1, e le vetture essendo sempre obbligate di appoggiarvi sopra una ruota, i ruotabili non troverebbero un suolo notabilmente migliore. Si sarebbe dunque condotti a passare di seguito da una strada di 3,70 ad una di 6,90, lo che si allontana dall' uso attuale, che consiste nel far delle strade da 4 a 5 metri di larghezza. Sarebbero quindi necessarie in proposito ulteriori sperienze.

Dello spessore.

Questa dimensione varia moltissimo nelle strade. Dallo spessore esagerato delle antiche strade si è passati forse all'estremo opposto. Mac-Adam pone come principio che una strada costrutta artificiaimente non possa esser mai migliore del suolo naturale, in uno stato di perfetta asciuttezza. Una strada di terra durante l'estate può in fatti resistere al peso delle più forti vetture, senza subire una depressione notabile. Dietro a questa osservazione, tutto si ridurrebbe a rendere e mantenere asciutto il fondo sopra cui la strada si stabilisce. Ottenuta questa condizione, lo spessore non avrebbe che una piccola importanza, il suo oggetto non sarebbe che di formare una specie di coperta impermeabile sul fondo, il quale sopporterebbe solo il peso e resisterebbe alle scosse. Se l'umidità giugnesse a penetrare il suolo, esso cederebbe, qualunque si fosse lo spessore dato allo strato artificiale.

Egli è a credersi che il seliciato che si mette sul terreno per formare la strada non agisca altrimenti come una sola copertura destinata ad impedire che penetri l'umidità fino al fondo, mentre sembra che sotto a questo rispetto, ciò sarebbe un cattivo preservativo, attesochè l'acqua penetra facilmente una strada, qualunque sia la coesione dei materiali. Tale massicciata forma piuttosto una specie di vòlta o di piattaforma che rende solidarie tutte le parti del suolo sopra cui riposa, anche qualora esso sia umido; lo che lo rende capace di sopportare, senza depressione, dei pesi cui non reggerebbe senza questa precauzione.

Comunque sia la cosa, si può dire in generale che lo spessore di una strada può essere tanto meno forte quanto la

manutenzione sia fatta con maggior cura; ed allora si può star paghi di 15 a 20 centimetri. Nel caso in cui tale manutenzione si trascurasse per luogo tempo, nulla si può prescrivere di positivo intorno allo spessore da prefiggersi ad essa. Ad ogni modo, è certo che dopo lunghe pioggie essa patirà molto. Il massimo da proporsi come misura di prudenza sembra essere dai 40 ai 45 centimetri. Si potrebbe allora mantenerla in buono stato colla sola mano d'opera; dove ciò non fosse contro i precetti della economia.

Incassamento.

Si dà ordinariamente al suqlo la stessa forma della massicciata, vale a dire che si ragguaglia il terreno secondo un arco di circolo concentrico al primo. Siccome il mezzo della strada sopporta più sfregamenti dei lati, fu proposto di farlo piano, lo che procaccierebbe una piccola economia di materiali; ma come avviene che la massicciata non è impermeabile, la forma convessa rimanda le acque verso le pareti verticali dell'incassamento, e tende a mantenere il mezzo in uno stato di asciuttezza più perfetta: lo che compensa bene la minor spesa dei materiali. La verità di questo fatto ci sembra incontestabile. Furono praticati dei canaletti nei marciapiedi di una strada stabilita sopra un terreno argilloso che comunicavano dal fondo dell'incassamento coi fossi, e dopo le pioggie questi diedero un volume d'acqua considerevole, proveniente soltanto dal fondo dell'incassamento medesimo.

Marciapiedi.

La loro larghezza è variabile e subordinata a quella che si adotta per la strada; essa è tanto minore quanto questa è più grande. I marciapiedi si devono considerare come supplementi poco costosi di una via che non ha la larghezza necessaria alla circolazione ed alla sicurezza dei viaggiatori.

Fu proposto parecchie volte di sopprimerli intieramente, e di stabilire un lastricato per tutta la via, ma essi pajono indispensabili per spalleggiare o sostenere la carreggiata, che essendo formata a vôlta ha una tal qual spinta laterale.

Dei fossi.

La loro larghezza dev'essere proporzionata al volume d'acqua che sono destinati a ricevere. Sulle forti rampe lo scolo succedendo rapidamente, essa può essere assai limitata, vale a dire anche inferiore alle dimensioni che abbiamo superiormente indicato. La loro profondità deve esser tale che il fondo si trovi sempre a 12 o 15 centimetri almeno al disotto delle parti più basse dell'incassamento. Non si deve mai perder di vista che la loro principale destinazione è di tenere asciotta la strada, oggetto il più essenziale alla sua conservazione, e che quindi aver devono le dimensioni proprie ad ottener questo effetto. La principal cura consiste nel procurare che le acque pluviali, che i fossi conducono sempre nelle parti basse, trovino uno scolo facile nei campi vicini. Ma siccome questo scolo non può generalmente aver luogo che da un solo lato della strada, bisogna che le acque di un fosso possano passare nell'altro. Ciò importa la costruzione di opere d'arte, tali come ponticelli, acquidotti, ai quali si supplisce, d'altronde, qualora non si tratti che di sole acque pluviali, per via d'insellamenti o *cavetti,* dei quali passeremo a parlare.

Dei cavetti.

La loro posizione viene indicata dal punto più basso del terreno; la loro larghezza è subordinata al volume d'acqua di cui devono procurare lo scolo. Generalmente basta una larghezza di tre a sei metri.

Supponiamo che A B e C D sieno la pendenza e la contropendenza al cui piede si debba costruire un cavetto (figura 45). Si prenderà la linea B C eguale a 5 metri v. g., e si porterà nel mezzo una freccia E F eguale a 1/25 di questa larghezza, vale a dire a 20 centimetri; il profilo del cavetto sarà un arco di circolo passante sui tre punti A F C; se ne arrotonderanno gli spigoli ai punti B e C. L'intervallo B C, che costituisce il cavetto sarà lastricato a ranghi perpendicolari all'asse della strada, a commettiture coperte. Quand'anche si adottassero dimensioni diverse da quelle che abbiamo indicato, non si avrà per questo a temere che le vetture provino troppo difficoltà nel passaggio. Devesi tuttavolta avvertire che tali opere non sono da praticarsi che allora quando v'abbia impossibilità di costruire un acquidotto. — Qualunque sieno le cure con cui si fanno, esse cagionano sempre un salto alle vetture, il quale origina sovente la rottura degli assi. Inoltre esse presentano qualche pericolo nel verno, a cagione del ghiaccio che vi si forma e dimora sopra.

Oltre ai detti manufatti costrutti perpendicolarmente all'asse della strada, se ne fanno anche alcuni di obbliqui, affine di allontanare le acque delle parti laterali della via. Questi ultimi sono da preferirsi, perchè le ruote delle vetture sono meno tormentate.

Delle scarpe.

Per diminuire le spese di costruzione fu immaginato di sostituire ai cavetti sopraindicati alcune opere dello stesso genere dette *scarpe*. Queste pure si fanno in senso obbliquo, e consistono in un piano acclive in pietra posto al di sopra del livello generale della strada. Affinchè le vetture possano superarle senza troppo incomodo, devesi dar loro un moderato risalto ed una larghezza sufficiente.

Supponiamo (fig. 46) che A B sia la pendenza sopra la quale si vuol stabilire una scarpa, si prenderà un'altezza C D eguale a 30 centimetri circa, e due lunghezze C E, C F respettivamente eguali a 1,50 e 4 metri; il profilo F D E sarà conveniente alla scarpa, e non incomoderà troppo alle vetture.

Ordinariamente si dirigono i due piani inclinati o scarpe secondo la linea della maggiore pendenza, di cui abbiamo già appreso a determinare la direzione. Se queste fossero troppo lunghe (lo che arriverebbe qualora vi fosse una grande differenza fra la pendenza longitudinale e la trasversale), potrebbesi senza inconveniente prendere un'altra direzione intermedia fra la linea della maggiore pendenza e la perpendicolare all'asse della strada, alla sommità della scarpa. Tal metodo però non entra fra i più lodati, ed in molti luoghi vi si è già rinunziato.

Costruzione delle strade.

Le strade selciate sono di tre specie. La prima, e la migliore, consiste in un seliciato con pietre arenarie cubiche a forma di piramide quadrangolare tronca, di tutte dimensioni eguali. Tali pietre si

ritraggono da differenti cave, o da alcuni blocchi di roccia sparsi qua e là, riducendoli con opportuni strumenti alle volute dimensioni. La seconda è quella dei ciottoli silicei, usata nei siti dove non si può procurarsi materiale migliore. La terza, finalmente, è quella composta di frantumi di pietra irregolare. Si potrebbe distinguer anche una quarta specie, nei pavimenti in legno; ma quest' è ancora troppo poco diffusa perchè l' esperienza possa fornirci dati sufficienti a bene determinarla.

La prima specie, e la più importante, è la sola usata nelle strade molto frequentate.

Per rendere i selciati solidarii nella resistenza che devono opporre alla pressione che sopportano alla loro superficie, bisogna che i pezzi si tocchino nelle loro quattro congiunzioni verticali; ma le pietre non sono mai tagliate abbastanza regolarmente perchè possano combaciarsi esattamente senza interstizii, per lo che non si ottengono che alcuni soli punti di contatto. — La materia che parrebbe dover meglio operare come intermediario sarebbe lo smalto di calce, ma la esperienza prova il contrario. La silice ha poca aderenza con questo composto, e le oscillazioni incessanti cui va soggetto il selciato di una strada pel passaggio continuo delle vetture, staccano il cemento, il quale non torna opportuno che per i marciapiedi. Bisogna che la materia adoperata per render solidi i selciati possa prendere di per sè stessa, e per l'effetto stesso della oscillazione impressa dalle vetture, una nuova posizione di equilibrio quando il selciato stesso viene scosso, in maniera che i suoi pezzi non cessino mai dall' appoggiarsi in tutti i punti sui pezzi vicini. La sabbia silicea, immune da terriccio, è la sola materia che goda di questa mobilità continua, mentre le viene dato di prendere ad ogn'istante la forma e per così dire l'impronta di tutti gli anfratti delle due superficie tra cui si trova. Se una d' esse viene ad essere un poco sconcertata verticalmente o lateralmente, tosto la sabbia corre a riempiere il vuoto lasciato da questo mutamento di posizione.

Oltre alla mobilità, la sabbia gode anche di un altro vantaggio per ottenere un pavimento solido: la incompressibilità. La più leggera quantità di terra o di argilla altera sensibilmente le quantità essenziali della sabbia, ed è quindi di somma importanza d' averla pura. Essa deve essere asciutta, granellosa, immune da terra, da pietruzze ed altri elementi eterogenei, e dove sia troppo grossa bisogna crivellarla.

Un selciato, qualunque sia la maniera con cui fu costrutto, lascia penetrare la acqua pluviali nelle sue commettiture. Queste ben presto sconcerterebbero il suolo dov' esso non fosse formato che di terra o d' argilla, ed il selciato n' andrebbe guasto; da ciò deriva l' uso di adoperare nelle fondazioni uno strato di sabbia dai $0,15$ ai $0,20^m$ di spessore. In uno strato di sabbia bene stipata, le molecole sabbiouose si puntellano fra loro, e risentono in gran parte la pressione operata sulla superficie sia contro i punti più solidi del fondo che non cedono affatto, sia contro le pareti dell' incassamento. Il carico si trova così ripartito uniformemente sopra una grande superficie di terreno naturale. Ella si fu questa proproprietà dalla sabbia che, anche prima di essere analizzato, l' ha fatta adottare da lungo tempo come fondamento dei selciati.

Per istabilire il fondo di un selciato, o ciò che si chiama la forma, bisogna dunque disporre la sabbia in due strati di $0,10^m$ a $0^m,12$ cadauno, premerla con

un peso di 20 chilogrammi, e per facilitare l'adesione bagnarla con molta acqua, aminuendo così il suo volume ordinario di circa un terzo. Uno spessore di $0^{m},18$ di sabbia semplicemente deposta nell' incassamento, si troverà ridotto a $0^{m},12$ dopo averla battuta, e, copertolo di un altro strato di cinque a sei centimetri di sabbia non compressa, si potrà cominciare il seliciato.

In Inghilterra si stabilisce qualche volta sotto il seliciato una fondazione di pietra franta in parecchi strati, e si ottiene di questo modo un massiccio compatto, solido e ben battuto, sopra il quale si stende poscia uno strato di sabbia di quattro a cinque centimetri di spessore, destinato a ricevere il seliciato.

I seliciati vanno disposti a ranghi perpendicolari all'asse della strada, lasciando fra loro e i ranghi precedenti la commessura di un centimetro che deve esser riempiuta di sabbia e serrata con una punta a lancia dentellata. Devesi cercare di comporre i seliciati di pezzi della stessa misura sopra una determinata lunghezza, perchè tutte le parti abbiano la medesima resistenza e la stessa stabilità, e di collocarli in modo che si trovino serrati lateralmente da quelli già posti in opera; si picchiano superiormente col martello da muratore per meglio assettarli. Oltre a ciò vi si sparge sopra un'altro strato di sabbia per ostruire tutti gli interstizii.

Abbiamo già avvertito come il labbro di una strada costruita ad arco di circolo, sia, per la sua posizione, la parte più pendente di essa. Quando l' arcuazione è molto pronunciata, come nelle strade seliciate del Nord, ne risulta che le ruote sdrucciolano fuori del marciapiede, quando devono abbandonare la linea mediana. La scossa non tarda guari a produrre un solco profondo laterale, inconveniente grandissimo che può cagionare gran danno alle vetture molto veloci, come, v. g., le diligenze. Il solo mezzo efficace per combattere questo difetto, sarebbe di fiancheggiare la strada con una muratura dai cinquanta centimetri ad un metro di larghezza, che andasse a perdersi sul marciapiede.

In quanto alle strade acciottolate, quelle che sono oggidì più in uso, parecchi sono i metodi di costruirle. Il sig. Trésaguet in una sua Memoria sulle strade, prescrive si compongano di tre strati: il primo costituito di pietre collocate sul fondo dell' incassamentu; il secondo di pietruzze fino all' altezza dell' incassamento; l' ultimo anche di pietruzze, ma frante, ridotte alla grossezza di una noce, e destinate a formare l' arcuazione, scegliendo a quest' uopo le pietre più dure.

Mac-Adam, costruttore inglese, fa dipendere la sorte futura della strada dalla sua prima fondazione. Egli pone come principio che una strada non può mantenersi buona se non in quanto il terreno sopra il quale essa adagiasi possa mantenersi perfettamente asciutto. Preoccupato della possibilità di pervenire a questo stato di siccità perfetta, egli prescrive di coprire il fondo dell' incassamento con materiali scelti, preparati e adoperati in modo da tornare impenetrabili dall' acqua. A questo effetto, è d' uopo allontanare, secondo lui, colla maggior cura, la terra, l' argilla, la creta ed altre materie penetrabili dall' acqua. La pietra adoperata deve esser monda, secca, e disposta in modo da poter unirsi colle sue faccie angolose, e da formare colle altre un corpo fermo, compatto ed impenetrabile.

Non è però abbastanza dimostrato come si fosse per ottenere una coperta impenetrabile quand' anche si volesse attenersi a tutte queste prescrizioni; seb-

bene egli stesso opini che usate tali precauzioni la strada riuscirà buona del pari, qualunque si fosse la qualità dei materiali odoperati, ed anche compatta e solida in tutte le stagioni.

Secondo lui, devesi comporre la strada di due o tre strati, non collocando il successivo che quando l' antecedente abbia fatto presa, vale a dire quando sia bene consolidato. Non solamente egli non conviene sulla ineguaglianza di spessore in codesti strati, ma ammette una certa importanza a ciò che i materiali differiscano il meno possibile gli uni dagli altri. I sorveglianti sotto ai suoi ordini furono muniti di bilancie per pesare i pezzi più grossi, che non devono oltrepassare il peso di 0,17 chilog., lo che corrisponde pei materiali ordinarii a cubi di 4 o 5 centimetri di lato. Egli ingiunge altresì di fare la preparazione dei materiali sulle carriere con una cura particolare. In poche parole, il metodo da lui indicato riducesi ai capi seguenti:

1.° Che gli strati debbano comporsi di materiali d' eguale grossezza;

2.° Che si debba lasciare il tempo agli strati di far presa gli uni dopo gli altri;

3.° Che i materiali debbano essere mondi e politi, ed i più grossi pezzi non debbano oltrepassare i 4 o 5 centimetri.

La principale differenza fra questo sistema e quello di Trésaguet sta nella soppressione della fondazione. Altri ingegneri inglesi non riguardano come necessaria la soppressione della fondazione, laonde il tratto caratteristico di questo metodo riducesi a lasciar il tempo agli strati di consolidarsi.

Da altri sperimenti fatti dal sig. Berthault-Ducreux risulta:

1.° Che vi sono strade che lasciano filtrar l'acqua fino al fondo come un crivello, e che ciò non pertanto sono d'una solidità perfetta;

2.° Che le migliori strade mantengono il suolo in una umidità permanente, e producono così un effetto opposto a quello voluto da Mac-Adam.

3.° Che gli acciottolati più solidi contengono più detriti che pietre, e che per conseguenza la mondezza tanto raccomandata non è indispensabile.

4.° Che si può egualmente servirsi di pietre di qualunque grossezza, dai 4 centimetri fino al minuzzolo, e che l' eguaglianza nella grossezza sarebbe piuttosto un male che un bene.

Dove si esamini ciò che avviene quando apresi al passaggio delle vetture una strada costrutta sia dietro il metodo del signor Trésaguet, sia dietro a quello di Mac-Adam, non si può non considerare come superflue la più parte delle precauzioni raccomandate da quest' ultimo, ed adottare come molto più razionale l' opinione del sig. Berthault. Le prime vetture che passano sopra un acciottolato nuovo, cominciano col fracassare le pietre che sono immediatamente soggette all' azione delle ruote, e subito l' eguaglianza della grossezza comincia a scomparire; i pezzi ridotti ad un volume più piccolo cadono nei vuoti dei materiali situati al di sotto, ed aumentano la loro stabilità. L'azione delle ruote continuando a ridurre lo strato superiore in frammenti sempre più piccoli e fino alla polvere, questi frammenti e questa polvere vanno alla loro volta a riempiere gl' interstizii ancora esistenti ed a formare un massiccio compatto che non presenta all' occhio soluzione di continuità.

Quando il roteggio ha terminato l' opera della strada, essa componesi adunque di materiali di qualunque grossezza, dalla polvere fino alla dimensione del pezzo più grosso che sia stato adoperato.

Guidato senza dubbio da considerazioni di questo genere, il sig. Girard di Caudemberg, ingegoere dei ponti e strade in Francia, fu condotto a proporre che si costruissero le strade con qualunque sorta di pezzi, vale a dire aggiungendosi in seguito della ganga per riempiere gl' interstizii che lasciano necessariamente fra loro i materiali infranti.

Si deve considerare, dic'egli, una strada di pietre ben fatta, come una muratura omogenea composta di piccoli frammenti accostati il più intimamente possibile, e riuniti con un cemento le cui qualità devono consistere nel non lasciarsi penetrare troppo facilmente dall'acqua, e di non restringersi per la siccità. Questa muratura deve dunque poter prepararsi e consolidarsi come lo smalto per le fondamenta. — La composizione e la preparazione più economica di tale cemento, sarebbero questioni da studiarsi con molta attenzione in ogni singola località, per poter adoperarvi le materie più comuni.

Il sig. Girard, ha proposto, a quest'uopo, in mancanza di meglio, un miscuglio di sabbia e d' argilla, in tali proporzioni che l'argilla non faccia che riempiere i vuoti della sabbia, vale a dire, che occupi il posto che la calce occupa negli smalti.

In quanto alla costruzione della strada, continua lo stesso autore, dopo alcuni assaggi, io mi sono fermato al processo seguente :

« Siccome il miscuglio dei detriti e » delle pietre frante non è facile a farsi » colla marra che serve ad impastare gli » smalti, quando si voglia amalgamare le » materie nella proporzione di una par» te di detriti con tre parti di pietra » franta, si fa il miscuglio in istrati di 8 » centimetri circa sull' area stessa della » strada; e per farlo, distendesi sopra 2 » centimetri e mezzo di spessore all' in» circa, una quantità determinata di gan» ga preparata colla consistenza di una » pasta molle, poi si versa e si distende » sopra quell' area a due riprese una » quantità di pietra ben trita e ben pur» gata dalla terra, in triplo voloma dei » detriti, e ad ogni ripresa battesi il tutto » fortemente col pestello, in maniera da » far penetrare le pietre fino al fondo » della ganga. La battitura deve prolon» garsi finchè lo smalto refluisca su tutta » la superficie, e che la superficie stessa » riesca liscia. Tale lavoro deva farsi do» rante la bella stagione. Due strati di 8 » centimetri di spessore stipati così l'uno » sopra l' altro, daranno una massicciata » di resistenza tale che le ruote delle vet» ture cariche vi lascieranno appena una » traccia. Dove si applichi un terzo stra» to sopra i due primi, la strada acquiste» rà lo spessore ordinario delle massic» ciate inglesi, e nulla lascierà a desiderare » per la sua confezione perfetta, la sua » resistenza e la sua durata. »

Riassumendo quanto di meglio fu detto intorno alla costruzione delle strade da parecchi autori, risulta quanto segue :

Che la prima cura da aversi per costruire una strada in muratura è quella di ben asciugare il suolo sul quale essa deve riposare; per la qual cosa davasi facilitare per quanto sia possibile lo scolo delle acque pluviali, e dei sortumi che si incontrano sovente nelle scavazioni preparatorie. I fossi, ed una leggiera inclinazione trasversale, sono gli spedienti per ottenere il primo; e per impedire i secondi giova lo scavo d' alcune trincee ed il loro turamento con pietre asciutte. — I cavetti e gli acquidotti servono quindi a sfogare le acque dei fossi a dei ruscelli;

Che qualora si voglia stabilire una fondazione, e dare un forte spessore alla strada, devesi praticare un incassamento colla stessa arcuazione della superficie

superiore; e dove basta un leggiero spessore, non occorre che di spianare orizzontalmente il terreno cui deve sovrapporsi la muratura. — Se il suolo è resistente, basterà uno spessore di m.° 0,25 di pietra franta anche sui punti più frequentati; e sopra quelli che lo sono meno, possono bastare anche 16 o 20 centimetri soltanto;

Che la compressione col cilindro (di cui parleremo in seguito) offrendo l'avvantaggio di conservare nel nucleo della strada una maggiore quantità di materiali resistenti, si potrà ottener buone strade anche col solo spessore di 15 centimetri;

Che la pietra franta dovendo spargersi in due o tre strati di eguale spessore, si dovrà badare che il primo sia bene assodato, prima di applicare il secondo.

Che si debbono riserbare i materiali più resistenti per l'ultimo strato, bastando pegl' inferiori la pietra calcare anche di mediocre qualità.

Della manutenzione.

Crederemmo di fare un gravissimo torto alla nostra Italia, se intorno a questo argomento, considerato giustamente di somma importanza, e sul quale ebbe l'I. R. Istituto Lombardo a proporre un premio, fino dal 30 maggio 1845, a cui sciogliesse il quesito, o proponesse il miglior metodo *per la manutenzione delle strade ordinarie*, non ricordassimo la bella Memoria prodotta dal veneto ingegnere D.r Rinaldo Nicoletti, trovata degna di onorevole menzione, e pubblicata in Venezia nel 1852. coi tipi dell' Antonelli.

Essa dividesi in 4 parti. Trattasi nella I.a *della costruzione e manutenzione delle strade*, e quivi accennasi per incidenza allo scritto per noi citato del sig. ingegnere Trésaguet, come quello che fino dal 1775 pensò e ritenne che la cura e la manutenzione giornaliera delle strade meglio valessero ad impedire i solchi o le rotaie prodotte dai veicoli, che non le carreggiate solide e grosse, e dove parlasi in seguito del sistema di Mac-Adam che, come abbiamo veduto, tolse ad escludere la pratica delle fondazioni massiccie. — Discorresi nella II.a *dei principali metodi di manutenzione;* e qui tornano di nuovo in campo le benemerenze del Trésaguet, per aver proposte le manutenzioni giornaliere e la divisione di tutte le strade in piccole sezioni, affidate alle cure di un sorvegliante: dal che ebbe poi origine la savia istituzione degli stradaiuoli permanenti, adottata quasi da per tutto; si lodano poscia molto le regole prescritte dal prenominato ing. Berthault-Ducreux, compendiate nei sommi capi che seguono:

1.° Pulire diligentemente le strade in inverno dal fango, e in estate dalla polvere;

2.° Riparare le degradazioni appena che si producono, e non permettere che s' ingrandiscano: lo che richiede immediato approntamento dei materiali da recarsi nelle piccole affondature;

3.° Interdire ogni spargimento generale;

4.° Scegliere operai bene esercitati ed in numero conveniente.

Si passa nella III.a parte a descrivere il nuovo metodo di manutenzione, e quivi concentrandosi, per così dire, i principali intendimenti del nostro autore, lascieremo ad esso libera la parola:

« Con un buon sistema di manutenzione, le degradazioni potendo venire arrestate a poco più di un centimetro dalla superficie, è ben chiaro che nelle carreggiate prese, cioè perfettamente assodate, una grossezza di 14 centimetri diventa in generale sufficiente.

» L'annuo consumo delle carreggiate è proporzionale al numero dei cavalli da tiro che giornalmente le percorrono; e le numerose esperienze intraprese all'oggetto di determinare codesto consumo, hanno concordemente indicato il calo di un centimetro della grossezza per ogni 100 cavalli da tiro, sotto l' influenza di un buon sistema di manutenzione, con materiali di mediocre qualità, e supposta la circolazione consistere nei vari generi del carreggio, senza che alcuno di questi vi sia predominante (1).

» Si deve notare, che il transito giornaliero di 100 cavalli da tiro, è quello a un dipresso della maggior parte delle strade, e che in ben pochissime strade si verifica un giornaliero passaggio di 600 cavalli da tiro.

» Laonde una carreggiata di 0^m20, presa e ben mantenuta, può liberamente consumarsi pel corso di 6 anni, se la frequentazione media, a cui è soggetta, è di 100 cavalli; 3 anni, se la frequentazione è di 200; 2 anni, se di 300; 1 anno e 1/2, se di 400; 1 anno e 2 mesi, se di 500, e finalmente, per il corso d' un intero anno, se vi avesse luogo lo straordinario passaggio di 600 cavalli da tiro ogni giorno.

» Dietro ciò, il partito di aggiornare lo spargimento dei materiali per sopperire al consumo in una sola volta, può essere esteso generalmente. Esso ha per effetto di aumentare la resistenza delle strade, e diminuire la spesa della mano d' opera. Resta ora a far vedere la possibilità di metterlo in pratica senza molestare il carreggio.

» Per farci strada alla dimostrazione di questo processo, ci è d' uopo rivolgere la nostra attenzione ad un miglioramento notevolissimo portato da alcuni anni nella costruzione delle strade, e che consiste in assodarne le carreggiate prima di lasciarle libere al roteggio.

» Sin dal 1786, l'ispettore Decessart aveva avuto l' idea d' impiegare alla fissazione delle ghiaiate un cilindro di ghisa pesante all' incirca 3500 chilogrammi; nel 1829, l'ispettore Polonceau la mise ad effetto sulla strada di Neuilly con un cilindro di sua propria invenzione. D'allora in poi, cilindri furono successivamente adottati in quasi tutti i dipartimenti della Francia.

» Nella nuova Istruzione per le strade di Prussia, è prescritto l'uso del cilindro tanto nelle nuove carreggiate, quanto nella rimonta delle vecchie, e questo esempio fu non ha guari imitato anche in Sassonia.

» Paterson fece, nel 1822, il progetto di cilindrare le nuove carreggiate, ma questa operazione non venne che di rado eseguita in Inghilterra. Se ne fecero alcuni sperimenti nei dominii di ricchi proprietari, e nelle strade inghiaiate di qualche città, sempre per altro con mezzi insufficienti.

» Fra noi è veramente antico l' uso del cilindro di pietra; ma, limitato al semplice assettamento de' viali di giardini, non ha di comune che il nome e la forma con quelle poderose macchine attualmente impiegate alla compressione artificiale delle strade ordinarie.

» Il cilindro prussiano, introdotto e perfezionato in Francia da Schattenmann (1), è di ghisa, cavo internamente, ha il diametro di $1^m,30$ e $1^m,30$ di lunghezza. Alle due estremità del suo asse sono collocati due guancialetti, che sorreggono

(1) Observations de M. Jourdan sur le Mémoire de M. Fournier.

(1) La descrizione di questo cilindro fu per noi data sotto la voce ROTOLO o RULLOLO di questo medesimo Supplemento, (Il Compil.)

un robusto telaio sormontato da una cassa riquadra, il fondo della quale segue la curvatura del cilindro; questa disposizione permette di situare gli orli della cassa a soli $1^m,80$ sopra il livello del suolo. Mediante due timoni, connessi all' intelaiatura, si possono attaccare i cavalli davanti e di dietro, il che dispensa dal voltare il cilindro sul lavoro, e permette a due uomini, che agiscono sul timone posteriore, di governare il cilindro quando è in marcia. Due rasiere di ferro, applicate una davanti e l' altra di dietro, e occupanti tutta la lunghezza del cilindro, servono a nettarlo.

» Il peso dell' armatura e della cassa è di 1000 chilogrammi; quello del cilindro di ghisa varia fra 2 e 3 mille chilogrammi; di modo che, vnoto, l' intero sistema pesa da 3 a 4 mille chilogrammi; a pieno carico, il peso totale ascende a 6 o 7 mille chilogrammi. Questi cilindri vengono fabbricati a Reichenoffen, e costano, recati a Parigi, 2000 franchi all' incirca.

» Il cilindro francese più comune è fatto medesimamente di ghisa, cavo nell' interno, con diametro di $2^m,00$ sopra $1^m,00$ di lunghezza. Il suo asse di ferro battuto porta un telaio di legno, che termina da un lato in due stanghe. I cavalli vi si attaccano in fila. Il telaio sporge quanto basta dal cilindro per potervi stabilire dinanzi e di dietro una cassa propria a contenere oggetti di peso. Questo cilindro, assai incomodo allorchè si tratta di voltare, pesa vuoto 4000 chilogrammi, e 8000 a pieno carico.

» La macchina allo stesso uso impiegata nel dipartimento dell' Oise, sembra riunire alcuni vantaggi, che inducono a raccomandarne l' imitazione. È questa nn cilindro cavo di legname, avente 2 metri di diametro e un metro e cinquanta centimetri di lunghezza. La sua superficie estèrna è tutta coperta da cerchioni di ferro grosso due centimetri. Il cilindro è nell' interno diviso in tre compartimenti eguali formati da due pareti di tavole, poste normalmente all' asse. Una zona longitudine della superficie cilindrica, avente trenta centimetri di larghezza, contati sulla circonferenza, si stacca, e dà accesso ai tre spazii, che si possono quindi riempiere di pietricelle o di sabbia, insieme o separatamente, secondo il peso che si vuol dare alla macchina.

» Il cilindro è, nella sua lunghezza, traversato da un asse il quale, per mezzo di forti orecchioni di ferro, riceve e sopporta alle due estremità il telaio formato dal prolungamento delle stanghe esterne. Invece che due, le stanghe sono tre, e possono quindi ricevere due cavalli da timone, e anteriormente, senza l' impiego di bilancini, che presentano sempre inconvenienti, e anche pericoli, a cagione della loro frequente rottura, quante coppie di cavalli sono per chiedere le località e le circostanze nelle quali si opera. Nel prolungamento delle due stanghe esteriori, e al di là dell' asse, si trovano due masse di piombo per contrabbilanciare il peso delle stanghe, che senza questa precauzione fatichereb-bero troppo i due primi cavalli della muta. È inutile il dire che le stanghe sono munite di tutte le coreggie e ferramenti necessarii al tiraglio.

» Vuoto, questo cilindro compressore pesa 3000 chilogrammi; quando i tre comparti sono ripieni di terra o di sabbia, che si perviene a ben costipare versandovi alquante secchie di acqua di mano in mano che si va riempiendo, il peso è di 8000 chilogrammi; vale a dire, ogni spartimento contiene un volume di terra pesante 1750 chilogrammi incirca; si

può dunque variare il carico successivamente passando per i pesi di 3000, 3700, 6400 e 8100 chilogrammi. Se nell'atto di operare si vede che la macchina produce troppo effetto, si può facilmente vuotare lo spazio intermedio o i due laterali, a seconda del bisogno.

« I cilindri che abbiamo descritti non cangiando di luogo facilmente, si è concepita l'idea di costruirne uno somigliante a un carretto di due sole ruote, larga ciascuna 23 o 30 o 40 centimetri. Questa macchina peserebbe da 1000 a 2000 chilogrammi, e perchè il sopraccarico di 2 a 3 mille chilogrammi vi potesse essere stabilito più a basso possibile, l'asse delle due ruote sarebbe ripiegato e situato sotto la cassa, o la traverserebbe se fosse diritto. La distanza fra le due ruote sarebbe un multiplo della larghezza dei loro quarti; così, se questa fosse di 25 centimetri, la distanza sarebbe di 0^m75, ovvero 1^m00; se di 30 centimetri, essa sarebbe $0^m,90$ a $1^m,20$; se di 40 centimetri, $1^m,60$.

« Il cilindro così costruito sarebbe conveniente sotto molti rapporti, ma presenta due inconvenienti notabili: il 1.°, cioè, che tende a scacciare lateralmente i materiali a cagione della poca larghezza delle ruote; il 2.°, che si rende impossibile con successivi passaggi di cilindrare ciascuna parte della strada in maniera uniforme, mentre certi punti dovrebbero esser percorsi più spesse volte degli altri.

» Alcuni ingegneri hanno pensato che convenisse dare al cilindro una curvatura in rapporto all'arcuato dalla carreggiata, e ciò all'oggetto di farlo appoggiare egualmente su questa per tutti i punti, d'impedire lo spostamento laterale dei materiali, e di ottenere una superficie più regolare. L'esperienza per altro ha fatto conoscere, che i cilindri retti sono di gran lunga preferibili ai cilindri concavi. Questi ultimi, quando si avvicinano agli orli dell'inghiaiata, s'inclinano per effetto della gravità, nè poggiano più che da una delle estremità, onde generano un solco sulla carreggiata. Codesto effetto non è sensibile coi cilindri retti; questi hanno inoltre il vantaggio, al termine della operazione, di non appoggiarsi più sulla massicciata che pel loro mezzo, e di produrre con ciò una pressione molto più ragguardevole; la superficie ottenuta è d'altronde perfettamente regolare. La forma concava dei cilindri è stata in conseguenza abbandonata, dopo alquanti esperimenti.

« Quando una carreggiata nuova viene aperta al roteggio senza preparazione alcuna, le circostanze che ne favoriscono a lungo andare la presa, sono: 1.° lo schiacciamento dei materiali e le materie terrose apportatevi dalle ruote dei veicoli, aventi per effetto di riempiere a poco a poco i vani delle pietre; 2.° l'alternativa delle influenze atmosferiche, e soprattutto l'azione delle ruote. Ora, il cilindro schiaccia pochissimo e non porta niente alla carreggiata. Di più, siccome esso opera in un brevissimo intervallo di tempo, non si potrebbe fare assegnamento sopra pioggie che arrivino a un dato momento in proporzione esatta coi bisogni. Ma, a codesta assenza di favorevoli circostanze, si può supplire: 1.° colla rispezzatura della superficie e collo spandimento di un piccolo strato di detriti, terra, sabbia, ecc., e con l'inaffiatura.

« Infine, bisogna notare, che il cilindro non potendo, come le ruote, agire direttamente sui materiali situati a una certa profondità, la sua azione si limita per forza a uno strato molto men grosso. — Posti questi principii, spieghiamo come suole eseguirsi la cilindratura.

» Spanti e conguagliati i materiali, si fa passare il cilindro primieramente vuoto, dopo talvolta una rispezzatura sul luogo. Questo primordiale passaggio non fa che avvicinare i materiali, e lisciare la superficie, ma senza produrre alcun legame, a meno che non si tratti di materiali assai teneri. Si sparge poscia un piccolo strato di materie leganti, dopo una inaffiatura, se il tempo è troppo secco. Si fa passare di nuovo il cilindro vuoto, indi pieno e da ultimo interamente caricato. Durante questi passaggi si spanderanno nuovamente materie di aggregazione sopra le parti che ne fossero sguernite. Sarà poi necessario di fare una o più inaffiature, secondo lo stato atmosferico, e la natura dei materiali, per far penetrare le materie nell' interno e rendere la loro azione più efficace.

» Il numero dei passaggi necessari per operare il legame, dipende dalla natura dei materiali, un poco dalla natura del suolo, e molto dalla grossezza dello strato. Le carreggiate di 0^{m},10 a 0^{m},12 sono quelle che si legano più prontamente. Avvi allora si poca distanza tra la superficie inferiore che si appoggia sul fondo o la superiore seminata di detriti, che tutti gl' interstizii si riempiono agevolmente, e tutti i materiali si trovano a contatto di sostanze tenere, che li fissano senza stento sotto la pressione del cilindro. In questo caso, circa 20 passaggi in ciascun punto della carreggiata sono pressochè sufficienti, cioè: 4 o 5 a secco ed a vuoto, e dopo lo spargimento dei detriti o altre sostanze di aggregazione; 5 a pieno e 5 a carico intero; infine, un ultimo passaggio ad otto o quindici giorni di distanza dopo che la strada è stata aperta alla circolazione.

» Tutti questi passaggi possono farsi preso a poco con lo stesso numero di cavalli, imperocchè, a misura che il peso aumenta, il roteggio diventa di mano in mano più facile per il fatto stesso dell'operazione. Bisogna d' altronde guardarsi da non imporre a' cavalli che uno sforzo di traimento moderato, altrimenti i loro piedi, costretti a cercare un punto di appoggio sulla carreggiata, distruggerebbero ad ogni istante il cominciamento di presa effettuato dal cilindro. Egli è ciò che rende l'operazione difficile e dispendiosa nelle pendenze. Colà il numero dei cavalli dev' essere molto aumentato rispetto a quello necessario in piano, e siccome un attiraglio funziona d' altra parte tanto più malamente, quanto è più numeroso, per pendenze superiori ai 5 centimetri, la cilindratura si rende quasi impossibile.

» Se la carreggiata avesse più di 10 a 12 centimetri di grossezza media, converrebbe costruirla in due strati, che si assoggetterebbono successivamente all' azione del cilindro. Soltanto non sarebbe d' uopo di attendere, per collocare il secondo strato, che il primo fosse pervenuto allo stato normale. Varrebbe anzi meglio profittare del momento in cui il passaggio dei veicoli avesse prodotto delle impronte sulla superficie. Si farebbe inoltre coincidere questa operazione con un tempo di pioggia, ovvero avrebbesi cura di annaffiare.

» Secondo Polonceau, anche il fondo sul quale viene a giacere la carreggiata vuol essere previamente assodato per mezzo di un cilindro, del peso all' incirca di 6000 chilogrammi.

» Le proprietà della sabbia, in particolare la sua incompressibilità, o sia facoltà di non infrangersi, e l' uso di essa in qualità di strato fondamentale delle selciate e delle ghiaiate mantenute col sistema ordinario, fanno presumere che essa possa utilmente impiegarsi come letto

delle carreggiate sottomesse alla cilindratura.

» Abbiamo detto che per una grossezza di 10 a 12 centimetri, circa venti passaggi del cilindro sarebbono in generale sufficienti; ma questa cifra non può avere niente di rigoroso. Se il numero dei passaggi è scarso, la carreggiata conserverà ancora un poco di mobilità; in tal caso, farà mestieri una manutenzione più accurata e pertanto più dispendiosa, perchè non avvengano degradazioni. Se il numero de' passaggi è notabile, l'operazione della cilindratura avrà costato più caro, ma la presa essendo più perfetta, le spese sosseguenti di manutenzione saranno minori. Avvi dunque un certo numero di passaggi che è il più vantaggioso, ma che non si saprebbe precisare antieipatamente, e che l' esperienza solo può far conoscere in ciascun caso particolare.

» La spesa dalla cilindratura si decompone per ciascuna operazione in tre parti distinte: la condotta del cilindro, la provvista e lo spargimento delle materie di aggregazione, e la mano d'opera dei lavoratori impiegati al conguaglio della carreggiata.

» La spesa media della cilindratura sopra una grossezza di o^{m},10, è risultata nelle prove eseguite nel dipartimento di Autun, l'anno 1843, per ogni metro quadrato, di o^{fr},10. Questo prezzo è conforme a quello che si otterrebbe da un calcolo analitico fatto a priori nella maniera che segue:

» L' equipaggio, composto di 8 cavalli e loro conduttori, sarà pagato per ogni giornata di 10 ore . . . . fr. 50. —

» Dieci operai, due de' quali al timone del cilindro, ed otto occupati al conguaglio della carreggiata e allo spandimento delle materie di aggregazione, avranno la giornaliera mercede di . . . . » 15. —

insieme fr. 65. —

» Il cilindro percorrerà, compresi i tempi di riposo e di attaccare e distaccare i cavalli, metri 20,000 al giorno, e siccome deve mediamente passare 20 volte sopra lo stesso punto per la compressione completa, ne segue, che comprimerà ogni giorno una zona di 20000/20 = 1000 metri di lunghezza, o sia, avuto rigoardo alla larghezza del cilindro, di 1^{m},30, la zona compressa sarà di 1300 metri quadrati. Ogni metro quadrato costerà dunque 65/1300 . . . . . fr. 0,05

Più o$^{m.c.}$,02 di sabbia a 2^{fr},00 al metro cubo . . . . » 0,04

fr. 0,09

Beneficio per perdite di tempo, e dissesti imprevisti . . . . » 0,01

Totale . . . . . fr. 0,10

» È probabile che la cilindratura, valutata di sopra o^{fr},10 circa al metro superficiale, possa venir a costare un prezzo minore, allorchè sia minore la grossezza dello strato da comprimere; vi sarà inoltre una economia sensibile, adoperando invece di sabbia, i detriti levati dalla strada, e se le esperienze saranno dirette colla maggiore abilità e nella maniera la più favorevole alla riuscita, se saranno fatte a tempo opportuno, da operai bene esercitati in questo genere di lavoro, tutti questi motivi sono valevoli a introdorre delle differenze apprezzabili nella spesa totale.

» Nelle carreggiate nuove, grosse da 15 a 20 centimetri, cotesta spesa si eleva per ciascun metro quadrato a circa 20 centesimi.

» La spesa generale assai tenue, viene largamente compensata dagli effetti che la cilindratura produce sulle carreggiate: gli uni sono temporanei, gli altri sono durevoli e permanenti.

» I primi consistono in operare prontamente il legame delle carreggiate, che il roteggio metterebbe lungo tempo a pestare; i secondi nel dare strade di una bellezza e consistenza, che non sarebbero altrimenti conseguite.

» Una strada nuova non è veramente libera al roteggio e utile al pubblico, se non quando la carreggiata è ben legata e battuta. Ora questo risultamento non può essere immediatamente ottenuto che per mezzo della cilindratura. Sopra vecchie strade, sottomesse a una circolazione attiva e che si vogliano rimontare, una tale operazione, è non solamente utile, ma necessaria.

» Le carreggiate cilindrate presentano un profilo regolare, le acque vi scolano facilmente, e non le penetrano punto. Da qui risulta che sono asciutte in tutti i tempi, che non hanno bisogno se non che di un leggerissimo colmo; che le piantagioni, tanto desiderabili sulle strade, lor sono piuttosto favorevoli che nocive; che, infine, la manutenzione vi è quasi nulla, almeno per i primi tempi, sia in materiali, sia in mano d' opera.

» Di più queste carreggiate offrono una superficie perfettamente piana e scorrevole; permettono dunque di aumentare i carichi, e diminuiscono, per conseguenza, le spese dei trasporti. Egli è ciò che si vede generalmente sulle strade compreste dal cilindro; esse hanno cangiato pienamente di aspetto, e gli effetti di questo miglioramento sono universalmente riconosciuti e sentiti.

» Tali risultamenti non sorprenderanno, ove si consideri che con questo processo i materiali vengono fortemente serrati gli uni contro gli altri, senza perder nulla del loro volume, nè delle loro forme, e non contengono nei loro interstizii che la quantità di sabbia o detriti, esattamente necessaria a riempierli. Quindi le carreggiate, in tal guisa costrutte, hanno l' apparenza d' un pavimento di piccoli materiali, si consumano di una maniera uniforme per l' effetto dell' attrito che si esercita alla loro superficie, e senza alcuna specie di disgregazione del loro strato superiore. Oltre a questo vantaggio immenso, la carreggiata ha una grossezza in ogni punto uniforme, ed il suo legame ha luogo senza che nasca mescolamento d' una parte del fondo colla massicciata, la qual cosa è impossibile ad ottenersi quando la carreggiata viene profondamente solcata dal roteggio per il corso di più mesi e avanti la presa completa.

» Siffatta questione della compressione delle carreggiate si lega strettamente a quella della manutenzione delle strade. Il massimo della bellezza di queste consiste infatti nell' offrire delle carreggiate senza depressioni, senza traccie, percorse egualmente in tutti i sensi dai veicoli, e in questo stato la manutenzione deve unicamente consistere in restituire alle carreggiate ciò che perdono per il consumo. Ora la cilindratura dà delle carreggiate, che suddisfanno esattamente a queste condizioni, e quindi si consumano uniformemente. Se così è, il miglior sistema di manutenzione non consisterebbe egli forse negli spargimenti generali, eseguiti ad epoche la cui distanza sarebbe determinata dal consumo delle carreggiate, e che sarebbero sottomessi all' operazione della cilindratura, a mano a mano della loro esecuzione?

» È vero essersi accagionati gli spargimenti generali di rendere le strade pesanti e quasi impraticabili; e che questa

considerazione potente, unita a quella che codesti spargimenti eseguiti per far disparire alcune rotaie costituivano un vero spreco di materiali, gli aveva fatti proscrivere; ma se lo spargimento viene effettuato sopra una strada senza rotaie, depressioni e traccie, e solamente ridotta a uno spessore tale che ben presto la crosta lapidea troppo assottigliata si sfonderebbe sotto la pressione dei veicoli, e lascierebbe rimontare il suolo inferiore; se l'impiego del cilindro e un governo convenevole permettono di procedere a queste operazioni senza costringere alcun veicolo a passare sulle parti slegate, non esiste veramente alcuna ragione di opporsi a questo metodo, che restituisce d'un solo tratto alla carreggiate il loro spessore e il loro assettamento.

» Tali considerazioni determinarono da poco tempo alcuni ingegneri francesi a sostituire nella manutenzione delle strade al metodo degli spargimenti parziali quello tuttavia proscritto degli spargimenti generali. Fra i tentativi di questo genere giova far menzione di quelli eseguiti sulle carreggiate dei Campi Elisi nelle vicinanze di Parigi. Il successo dell'operazione in queste strade, le più frequentate di Francia, è sembrato tale da rimuovere qualunque incertezza, e da motivare, dalla parte del governo, una nuova istruzione, che riabiliti gli spargimenti generali prescrivendo l'impiego del cilindro compressore.

» Ciò vuol dire, che sarebbe vantaggioso attendere che il consumo delle carreggiate avesse attinto la profondità di 6 centimetri, più forse in talune circostanze, e rendere questo spessore in una sola volta, mediante uno spargimento generale, che si consoliderebbe immediatamente colla cilindratura.

» Tale è pertanto il nuovo sistema che intendiamo proporre per la manutenzione delle strade ordinarie, perchè dal ragionamento e dall'esperienza ad un tempo ci viene additato come il più economico per lo Stato ed il più benefico per l'industria dei trasporti; e se, come speriamo, ci è finora riuscito di poterlo chiaramente presentare sotto questa duplice vista di utilità, non ci resta ora che a indicare i mezzi di metterlo in pratica.

» Preso d'una maniera assoluta, questo metodo supporrebbe che le strade si consumassero a strati rigorosamente paralleli; ma il fatto non segue così. Per quante cure si portino nel levamento continuo del fango e della polvere, nascono sempre delle affondature. Queste, nel nuovo sistema, dovrebbero essere riparate di giorno in giorno, ma senza cercare di restituire alla strada ciò che ella avesse potuto perdere, senza cioè stabilire la compensazione. Questa compensazione non puossi ottenere, fuorchè mettendo tanti materiali che bastino, perchè le parti riparate riescano alquanto salienti sulle parti contigue, le quali hanno pure perduto qualche cosa. Si trasformano in tal guisa le affondature in leggiere prominenze, e dove poco fa erano delle parti in rilievo, si fanno nascere delle depressioni, che si riparano alla loro volta. In cambio di seguire questo processo, che finisce per mettere dappertutto dei materiali, e che permette di rendere annualmente alla strada quanto essa ha perduto, non si metterebbono, per saziare le affondature che potessero formarsi, se non i materiali strettamente necessarii onde farle scomparire; non si farebbe anzi ricorso ai materiali, se non quando non si avessero potuto sopprimere codeste affondature mediante la scopatura convenevolmente diretta. L'oggetto che si avrebbe sempre in vista sarebbe quello di conservare alla carreggiata una superficie quanto più unita è possibile, cir-

costanza che in sommo grado interessa al commercio dei trasporti. Con questo sistema la strada perderebbe ciascun anno un certo spessore, che le verrebbe restituito in un solo strato più o meno lungo.

» Le singole operazioni costituenti il nuovo sistema sarebbero dunque:

» 1.° La scopatura, per levare i detriti e cancellare le piccole traccie;

» 2.° I minuti impieghi di materiali per sopprimere le affondature, che possono in ogni caso formarsi;

» 3.° Gli spargimenti generali, per risarcire il consumo, fatti ad epoche più o meno lontane, secondo il grado di frequentazione, e secondo altresì la qualità dei materiali;

» 4.° La cilindratura, per consolidare immediatamente gli spargimenti: e a questa in qualche caso eccezionale vuol essere sostituita

» 5.° La pilonatura.

1.° *Scopatura.*

» Il levamento continuo del giornaliero consumo delle strade, sia in fango, sia in polvere, si fa usualmente col mezzo di due strumenti, che sono il rastiatoio di ferro o di legno, e la scopa. Nel nuovo sistema, il fango e la polvere non possono mai avere tanta grossezza e consistenza da rendere necessario l'impiego del rastiatoio. La scopa leva bene il fango, leva bene la polvere, ed è però l'unico utensile che possa acconciamente prestarsi alla costante proprietà delle strade.

» Dobbiamo per altro osservare, che se la presenza del fango e della polvere provoca sensibilmente la disgregazione della superficie solida delle strade, eguale pregiudizio esser potrebbe causato dalla scopa medesima, ove il suo impiego non venisse applicato col debito discernimento. La scopatura vuol esser diretta a levare tutto ciò che v' è di mobile e quindi di nocivo o d' inutile sulle carreggiate, e siccome la ganga, che lega i materiali, è meno resistente sulle carreggiate di ghiaia, e lo è molto più sulle carreggiate calcari, così è di regola che sulle prime si debba scopare meno intensamente che sulle seconde. Inoltre, se esaminiamo la specie di mosaico che formano i materiali nella loro ganga, si vede che presentano numerose scabrosità, e fa d'uopo in tal caso lasciarvi alcun poco di polvere, che li protegga dagli sfregamenti delle ruote, e li guarentisca da uno schiacciamento immediato. Qualora non si abbia questa precauzione, l'ultimo strato di polvere che si è levato, subito si produce, e non è che a spese della carreggiata che questa riproduzione ha luogo.

» Applicata senza tali avvertenze, la scopa finirebbe per estinguere, a dir così, il principio vitale delle carreggiate, scomponendo i detriti, che sono uno de' loro costitutivi elementi. In luogo d' essere vantaggiosa, trarrebbe in ispese di materiali abbastanza ragguardevoli; ma questo non è un vizio inerente all' utensile stesso, che può dare ottimi risultamenti; spetta all' operaio che se ne serve il saperli ottenere, e spetta a chi lo dirige il farglieli apprendere.

» Del resto, non è solamente come utensile inserviente a levare il fango e la polvere, che l' introduzione della scopa nella manutenzione delle strade costituisce un segnalato miglioramento. Quando una carreggiata è perfettamente unita, la causa più efficiente per attaccare la superficie risulta dall' abitudine o anzi dall' istinto, che hanno i cavalli di seguire la traccia dei veicoli, che li hanno preceduti, di modo che gli stessi punti della carreggiata sosterrebbono sempre la pressione, se non si cancellasse di frequente

codesta traccia, e ben presto il consumo, facendosi esclusivamente sentire in tali siti, produrrebbe delle rotaie. La scopa è eminentemente adattata a cassare codeste impressioni, e siccome non è molto più difficile allo stradaiuolo, obbligato a percorrere la sua strada, di fare una leggera spazzatura, invece di limitarsi a cancellare le traccie, così ottengonsi nello stesso tempo due risultati eccellenti per la manutenzione: sparizione delle traccie, e rimozione del fango e della polvere.

» Berthault-Ducreux ha già osservato che il gelo esercita poca azione sulle strade in buono stato, e che tutto l'effetto pel disgelo si limita a rendere lubrica e sporca l'epidermide della carreggiata, che allora si leva e si attacca alle ruote. Questo inconveniente sparisce del tutto sopra le strade, dove non si lasciano soggiornare detriti.

» Quando il gelo si manifesta sopra una carreggiata bene scopata, e dove non sianvi visibilmente detriti, la superficie della crosta solida è perfettamente unita, perfettamente bella; se il gelo continua, si forma prontamente una quantità abbastanza grande di polvere, che è necessario di scopare, perchè, sopravvenendo il disgelo, questa polvere, che contiene molta acqua congelata, contribuisce potentemente alla disgregazione dei materiali dello strato, che è divenuto la superficie della crosta solida, e, per conseguenza, al cattivo stato della strada.

» L'esperienze fatte dall'ingegnere Dugué sulla scopatura della polvere nel tempo di gelo che ha durato un mese all'incirca, non lasciano alcun dubbio sull'influenza di questa operazione.

» Si può dunque conchiudere, che la scopa è il vero strumento delle buone strade, in quanto essa conserva la loro bellezza, allorchè per via di mezzi più potenti si trovano condotte a tale stato.

» La scopatura è un'operazione così semplice e così facile, che dopo di avere indicato lo scopo, che si deve proporsi nel farla e il punto ove bisogna fermarsi per non deteriorare la carreggiata, è inutile insistere sulla maniera di scopare il fango o la polvere, che può trovarsi alla superficie di una strada; ma la forma della scopa, la lunghezza del suo manico, la natura dei rami che la compongono, come pure quella della carreggiata da scopare, e lo stato geometrico dei detriti da levarsi, sono altrettante cause che possono influire sulla quantità di lavoro utile da ottenersi in un dato tempo. Perchè sia la più grande possibile, si rende necessario di confrontare i risultati che si potranno ottenere con le diverse specie di scope, che sarà dato di procurarsi, di variar quelle altre circostanze, che si potranno modificare a piacimento, e di ricercare, per via di esperienze, i processi che daranno i risultamenti più vantaggiosi, all'oggetto di poterli prescrivere agli stradaiuoli.

» Questi risultamenti dovendo essere modificati dalle circostanze locali, è impossibile di dettare regole generali sulla maniera di scopare e sulla miglior forma da darsi all'utensile. Ci limitiamo ad enunciare, come esempii, alcuni fatti generali, che derivano dalla pratica fatta sulle strade della Sarthe.

» 1.° Quando la polvere è poco densa e secchissima, per conseguente leggiera, la scopa di lungo manico maneggiata alla distesa dà risultati ben più pronti della scopa a manico corto, mentre questa può essere impiegata con vantaggio per levare uno certo spessore di polvere, specialmente quando è unita.

» 2.° Una scopa dolce e poco resistente dev'essere preferita per iscopare in tempo di grande arsura la polvere di una carreggiata silicea, o per far sparire

le traccie delle ruote; laddove una scopa dura e resistente può sola pervenire, durante l'inverno, a scopare il fango, o, durante l'estate, a rimuovere la polvere densa d'una carreggiata calcare.

» Gli stradaiuoli non devono mai lasciare la loro sezione senza avere disposto sul marciapiede la polvere o il fango, che hanno scopato nel corso della giornata; eglino sono spesso portati a lasciarli in lunghe striscie o in mucchi più o meno grandi sul margine della carreggiata, ove non tardano a formare delle prominenze o delle sopraelevazioni, che deformano il profilo trasversale, si oppongono allo scolo dell'acqua, e possono anche occasionare qualche accidente durante la notte, soprattutto in tempo in gelo.

» Allorchè i marciapiedi sono troppo bassi, lo stradaiuolo deve ogni sera deporvi o spianarvi la polvere scopata nel corso del giorno, avendo cura di atten derla regolarmente, dai cigli sino alla carreggiata. Questi detriti, dovuti in parte al consumo dei materiali, distruggono le erbe, che tendessero a sollevare i marciapiedi, rendono questi più solidi, e danno alla strada l'aspetto d'una carreggiata occupante la totale larghezza compresa tra i fossi.

» Nel caso che i marciapiedi fossero alti abbastanza, la polvere e il fango vengono ogni sera levati con edra, e disposti a mucchi presso il ciglio dei marciapiedi, per essere portati via il più presto possibile.

» Si possono fare delle scope con erica, fusti di ginestro, rami di betula, e, in generale, coi tronchi di quasi tutte le piante erbacee e i rami di tutti gli alberi con e senza le foglie.

» Queste scope, allorchè sono nuove, riescono abbastanza flessibili, soprattutto quelle di erica o di ginestra; ma quando cominciano a usarsi diventano più dure

e più resistenti. Laonde una scopa, secondo il grado del suo consumo, potrà essere adoperata in circostanze diverse, fino a che sia fuor di stato di servire.

» La forma delle scope deve parimenta variare secondo l'uso cui si destinano: per esempio, la scopa di frasche, quale si adopera generalmente sulle aie da battere i grani, conviene molto meglio per levare un tenue spessore di polvere, o per far disparire le traccie dei veicoli, che la scopa rotonda, la quale, all'opposto, dev'essere preferita per levare del fango o la polvere in maggior quantità.

» È impossibile di prevedere esattamente quante volte ciascuna parte di strada esser deve scopata: i più frequentati passaggi forse tutti i giorni, altri una volta alla settimana o anche ogni dieci giorni. Le parti meno battute, lo saranno il meno spesso di tutte.

» Come saranno portati via dalla strada i prodotti della scopatura? L'esperienza lo mosterà. Intanto possiamo sin d'ora presagire, che la spesa di questo trasporto nulla sarà nei casi più ordinari, poichè, attesa la costante proprietà delle strade, i prodotti della scopatura potendo servire d'ingrasso ai terreni, saranno a gara ricercati dai coltivatori, i quali per lo meno se ne addosseranno il trasporto.

» Abbattere la polvere coll'inaffiatura, come in alcuni casi si pratica, in cambio di ritirarla interamente dalla carreggiata, è una operazione difficile è dispendiosa. Primieramente essa esige l'impiego di grandi quantità di acqua, e dà luogo nel medesimo tempo alla formazione del fango, che rende la carreggiata meno scorrevole e provoca la sua disgregazione; ma, in una stagione assai calda, il fango prontamente disseccasi, e l'operazione vuol essere ricominciata. In ultimo conto, invece di distruggere il male, lo si

sostituisce con un altro, che si rinnovella incessantemente.

» Quando la carreggiata è solida, e la polvere è stata levata con cura, un piccolo strato d' acqua può essere versato sopra un passaggio assai frequentato, ma questo è un affare di lusso.

» Si è obbiettato, e con ragione, che il levamento della polvere a grandi quantità è una operazione incomoda e penosa in sè stessa. Ma la scopatura ha precisamente per oggetto di prevenire ogni accumulazione un poco notabile, levando appunto la polvere di mano in mano che questa si forma. Codesta operazione può d'altronde esser fatta congiuntamente a un leggiero adacquamento, ovvero di buon mattino, quando il rotoggio è ancor debole, nè si è molestati da esso, e la rugiàda della notte tende a impedire alla polvere di sollevarsi.

» Dappertutto dove l'inalbatura è messa in pratica, è raro che una grande economia in questa costosa operazione non risulti dal levare previamente i detriti.

2.° *Minuti spargimenti di materiali.*

» Non occorre il dire quanto la presenza degli spargimenti ordinarii sia incomoda pei veicoli, anche quando non hanno che poca estensione. Si deve dunque proporsi di eseguire i minuti spargimenti, che possono occorrere, in modo appunto che la loro presenza non possa riuscire sensibile alle vetture più leggiere, anche subito dopo la loro confezione, o sia mirare al risultato che si ottiene pel ministero del cilindro compressore nei grandi spargimenti. A questo fine si fecero parecchi tentativi; uno solo finora è perfettamente riuscito, e qui ne porgiamo la descrizione.

» Si segni l' affondatura, seguendone il contorno, in modo che gli orli non siano nè troppo alti, nè troppo bassi; indi si smuova col piccone nell'interno e a fondo quanto che basta, affinchè i materiali ordinarii possano situarvisi senza raggiungere la superficie; questa condizione può talvolta condurre a picconare per $0^m,05$ a $0^m,06$, di grossezza. Si ritirino col rastrello i prodotti della smovitura del fondo, e si spartiscano in materiali grossi, materiali medii e materiali fini. Si pongano coi materiali grossi dei materiali nuovi di grandezza ordinaria, in maniera che l'affondatura rimanga completamente riempita. Si battano leggermente, e si forzino così i materiali a prendere una positura stabile. Si coprano coi materiali medii. Si batta di nuovo e leggermente al medesimo scopo. Si ricopra coi minuti sassetti tutto il detrito. Si batta in prima dolcemente, finchè tutto abbia pigliato il suo posto; poi levando di più in più il pilone o mazzaranga, e avendo cura di camminare regolarmente, si pesti fino a tanto che il pilone non produca più effetto sensibile. La riparazione così fatta non deve eccedere la superficie generale della strada, se non che della sua coperta di detriti.

» Questa operazione eseguita con piloni da 20 chilogrammi, riesce infallibilmente, qualunque sia l' arsura della stagione. Tuttavia è buono, potendolo, di adacquare l' impiego; ma questo, come l'operazione della cilindratura, non vuole esser fatto in tempo di grandi pioggie: il lavoro verrebbe allora annegato, e bisognerebbe rifarlo da capo.

» Nelle stagioni umide, e quando la strada sarà ammollita, come pure allorchè si avranno disponibili materiali di piccole dimensioni, o assai inegnali in grossezza, si potrà molto economizzare sul processo or ora descritto, sopprimendo il previo dissodamento dell' affondatura.

3.° *Spargimenti generali.*

» Per conoscere il momento opportuno di procedere agli spargimenti, fa d'uopo poter ad ogni istante rilevare la grossezza delle carreggiate, con tutta esattezza sino al centimetro. Dietro il volume ed il peso dei detriti successivamente levati colla scopa, si avrebbe una molto approssimata misura del consumo subito dalle strade. Ma siccome questo mezzo non può rendersi di un uso così facile e generale, quanto richiede il metodo in questione, si crede molto più adattato lo spediente di collocare a solidamente incastrare di 50 in 50 metri sul ciglio i marciapiedi, o al di là del fosso, alcuni dadi di pietra da taglio, cui inalterabilmente riferire il profilo trasversale della carreggiata. Una sola battuta di livello data nella dirittura di ciascun caposaldo, farebbe in qualunque tempo conoscere lo spessore della carreggiata. Si saprebbe quanto essa ha perduto, e qualora la rimanente grossezza fosse pervenuta al limite minimo di resistenza, che può variare da 10 a 4 centimetri, a seconda della durezza dei materiali, e a seconda altresì della qualità del carreggio, le verrebbe restituito il consumo con un volume equivalente di pietre spezzate o di ghiaia.

» Qui bisogna avvertire, che per il fatto della compressione, la carreggiata subisce un calo notabile, che arriva ai 3/10 del solido che s' impiega: e di qua risulta che per restituire alla carreggiata uno spessore perduto di 0^m,07, bisogna mettervi uno strato di materiali nuovi alto 0^m,10; vale a dire, il consumo trovato dev' essere in tal caso accresciuto nella proporzione di 10/7, perchè esso rappresenti in metri cubi i materiali sparsi e consumati, o quelli da spargersi per risarcire codesto consumo.

» Una condizione domandata è quella, che il numero degli operai impiegati allo spargimento dei materiali, stia in esatto rapporto col numero dei cilindri, dei quali sarà dato disporre; dovendosi sempre dirigere il lavoro in maniera, che quando un tronco di strada è consolidato, lo spargimento del tronco susseguente raggiunga appunto il suo termine, per poter incontanente applicare il cilindro sul medesimo.

« L' estensione di ogni singolo spargimento vuol farsi principalmente dipendere dal grado di frequentazione della strada. Il carreggio infatti molesta ed è in pari tempo molestato dall' operazione della cilindratura, chè si deve perciò limitare ogni volta al minore spazio possibile. L' esperienza ha dimostrato, che sopra strade soggette a un grande passaggio, gli spargimenti potevano esser eseguiti per sezioni di 300 metri, senza incomodare il roteggio. Tale divisione è veramente onerosa, in quanto mette nella necessità di cangiar troppo spesso il senso di percorrimento del cilindro e, per conseguenza, di attaccare e distaccare troppo di sovente i cavalli; tuttavia questo cangiamento può farsi con molta prestezza, e l' interruzione della corsa del cilindro per ciascheduna volta non dura mai più di due minuti. Sulle strade meno frequentata si potrà allungare in proporzione l' estesa dello spargimento, e qualche volta sarà pure dato di spingerla sino a 2000 metri: distanza che in piano può essere percorsa dai cavalli senza bisogno che si riposino.

» Anche il grado di umidità locale ha una certa influenza sulla lunghezza dei singoli spargimenti, parendo, rispetto a ciò, doversi raccomandare di accorciar le sezioni in lavoro nei siti aperti ed esposti a una forte circolazione d' aria, e di allungarli, all' opposto, nei siti

chiusi e ombreggiati da case, da alberi, ecc.

» Di regola, per rimediare al consumo generale, sarà divisa la lunghezza di ogni strada in un certo numero di parti più o meno estese, dipendentemente dalla frequentazione e dal grado di umidità locale, che si dovranno rimontare successivamente e completamente.

» Parlando degli spargimenti minuti, si è fatto parola d' una grossezza ineguallissima. Questa prescrizione deve essenzialmente osservarsi, sia che si faccia una distribuzione ordinaria, o uno spargimento generale. In effetto, uno dei risultati più importanti da ottenersi è un incastramento tale che, sotto la pressione delle ruote, i materiali non possano smuoversi o sguizzar fuori. Allorquando i detriti si trovano soli a riempiere gl' interstizii, la siccità che li rende polverulenti, e le pioggie continue che gli stemperano, distruggono l' ostacolo che essi presentano alla mossa dei materiali, e i dislocamenti che hanno luogo producono le rotaie. Se invece l' ammasso contiene materiali di tutte le grossezze, gli uni riempiono i vuoti degli altri, e si forma naturalmente una muratura di pietre a secco estremamente solida. In tale uno stato, i detriti non hanno altra azione, che d' impedire all' acqua di passare attraverso la carreggiata, come attraverso un filtro. Pertanto non si può loro negare il vantaggio di fungere le parti di una calcina magra, la quale, col favore di una certa umidità, aderisce ai sassetti come in un muro a malta, al pietrame.

» Del resto, convien comporre lo strato di soli materiali, che abbiano dimensioni abbastanza tenui e siano di durezza tale, che, se venissero a formare delle acute sporgenze, queste fossero immediatamente spianate dalle vetture. Qualora non si avesse avuto codesta avvertenza converrebbe farle ispuntare di mano in mano che si presentassero.

» Nel caso che la pietra da spargersi sia tenera e commista a una notabile quantità di detriti, non si ha da temere che ne possa risultare una massicciata inegualmente compressibile, e che i punti più carichi di detriti abbiano a riuscire molli, e più presto solcabili degli altri. Basta allora mescolarla il più che sia possibile nella massa: avendo l'esperienza dimostrato, che dove fu purgata la pietra dai detriti che conteneva, questa operazione ha reso bensì più costosa la cilindratura, ma senza che la strada presentasse un più bell' aspetto, e offerisse una maggiore resistenza.

» Viene altresì dall' esperienza indicato essere inutile lo smuovere col piccone la crosta della carreggiata prima dello spargimento, al semplice oggetto di agevolare la unione di essa coi nuovi materiali di rimonta. Questa precauzione non sarebbe necessaria che quando i materiali da impiegarsi si lasciassero facilmente schiacciare, come avviene della maggior parte delle ghiaie fluviatili. Ommettendo in quest' ultimo caso la piccouatura, non si potrebbe di nuovo discendere sulla vecchia carreggiata, senza ridurre in polvere i 3 o 4 ultimi centimetri della rimonta, locchè non solamente aumenterebbe di molto la spesa, ma, ciò che più importa, renderebbe di molto più faticoso il roteggio.

4.° *Cilindratura.*

» Prima di esporre il processo effettivo della cilindratura faremo conoscere alcune condizioni, dalle quali principalmente dipende la perfetta riuscita di questa operazione.

» 1.° Il cilindro non deve esser troppo pesante, relativamente alla sua superficie

di contatto, poichè, in luogo di premere i materiali, gli schiaccierebbe.

» 2.° Il cilindro non deve neppure esser troppo leggiero, o l'effetto sarebbe troppo debole per ottenere l' intento, e converrebbe prolungare l'operazione, che diverrebbe in tal guisa assai più dispendiosa, e presenterebbe altri inconvenienti.

» Accurate esperienze (1) danno luogo a credere che un cilindro a pieno carico non deve pesare meno di 50 chilogrammi per ogni centimetro di lunghezza; quindi, se questa fosse di 1^m,50, il suo peso dovrà essere di 75000 chilogr.; se fosse di 1^m,30, il peso sarà di 65000 chilogr., e così di seguito.

» Un cilindro che pesasse più di 50 chilogrammi al centimetro longitudinale, metterebbe in campo la questione dell' influenza dei diametri. Si vede infatti che, ritenuta la stessa lunghezza, se si volesse che il peso fosse maggiore, bisognerebbe aumentare l'altezza, ossia il diametro del cilindro. Ora l' esperienza ha dimostrato, che questa influenza, entro gl' indicati limiti, è di poca importanza. Infatti, se il cilindro minore, a carico eguale, entra più a fondo nello strato, e, per conseguenza, lo assoda meglio, si può sempre aumentare il peso del cilindro maggiore in guisa da ottenere lo stesso grado di affondamento. Se nell' istesso tempo la differenza dei pesi viene compensata da quella dei diametri, i cavalli non proveranno maggiore fatica in un caso che nell' altro, e quindi la spesa di condotta resterà la medesima.

» I risultamenti ottenuti sulle carreggiate dei Campi Elisi non hanno offerto a questo riguardo alcuna differenza apprezzabile; cioè il cilindro di 1^m,30 di diametro e quello di 2^m,00 rendevano entrambi necessario lo stesso numero di passaggi sopra ciascun punto, e questo numero è stato di circa 27 per le pietre spezzate, e di 47 a 49 per le ghiaie, sopra una grossezza andante da 10 a 20 centimetri.

» Siccome poi i cilindri a grande diametro riescono di una manovra più difficile, e sono più costosi di quelli a grande diametro, così, ove si abbia libera la scelta, sembra doversi agli ultimi accordare la preferenza.

» 3.° Quanto all'effetto prodotto, un cilindro più lungo è preferibile, perchè l' operazione è fatta più presto, e tende a premere lateralmente le pietre tra loro; ma siccome il peso aumenta in proporzione della lunghezza, questa aver deve un limite, al di là del quale il cilindro sarebbe troppo difficile a maneggiarsi. Un cilindro troppo corto tende a ribaltarsi, e, d'altra parte, quando è troppo lungo occupa una porzione troppo grande della carreggiata, e molesta il transito se la strada è aperta al pubblico durante l' operazione.

» 4.° I cavalli non devono essere obbligati a fare grandi sforzi per tirare il cilindro, altrimenti i loro piedi disgregherebbero le pietre che incominciassero a legarsi. Siccome il tiro è più grande in principio, senza mai diventare tenue neppure al termine della operazione, non bisogna mai caricare ciascun cavallo più di 600 chilogrammi in principio, nè andare più in là di 1000 chilogrammi alla fine.

» 5.° Sarebbe desiderabile che non si impiegassero più di quattro cavalli alla volta, imperocchè, quando sono in maggior numero, diventa più difficile di ottenere da essi un attiraglio bene organizzato; ma siccome un cilindro di soli 4000

(1) Observations sur l'entretien des routes marcadamisée, par le général Bourgoyne, directeur général des routes de l' Irlande. Annales des ponts et chaussées, 1847.

chilogrammi non sarebbe quanto basta pesante per produrre il migliore effetto possibile, e siccome sei cavalli possono essere attaccati insieme senza grave inconveniente, proponiamo di prendere questa cifra per limite, e di fissare a 6500 chilogrammi all'incirca come massimo peso da darsi al cilindro: locchè, in ragione di 50 chilogrammi al centimetro, corrisponde a una lunghezza di 1^m,30, avendo d'altra parte l'esperienze provato, che si deve accontentarsi di un cilindro, che pesi vuoto da 3 a 4 mille chilogrammi.

» 6.° Il carico del cilindro dovendo aumentarsi gradatamente a misura che la carreggiata si va costipando, ha da ricevere i suoi accrescimenti per via di materiali da prendersi lungo la strada, e da mettersi ordinariamente entro casse, dove non subiscono alcun movimento di rotazione.

» 7.° Il cilindro deve potersi attaccare davanti e di dietro, o, più generalmente, deve poter ritornare sulle stesse traccie, senza l'obbligo di voltarlo.

» 8.° Infine, bisogna applicare al cilindro davanti e da tergo due rasiere, che possano sbarazzarlo continuamente dai detriti, che si attaccano alla sua superficie, specialmente in tempi umidi.

» L'operazione vuole esser fatta specialmente nella primavera e nell'autunno, vale a dire, nelle epoche in cui il tempo è abbastanza costante, perchè si possa esser sicuri di terminare di un solo getto, ed in cui le piccole pioggie vengono ad apportare ai materiali il glutine che loro manca.

» Si evita poi di operare in tempo di gelo, non essendo possibile allora di procurarsi il grado di umidità necessaria al legamento dei materiali con le sostanze di aggregazione; e, d'altronde, la resistenza che offre in tal caso la superficie della carreggiata non è che apparente, e sparisce subito all'arrivo del disgelo. La stagione calda ha essa pure i suoi inconvenienti, a cagione delle difficoltà che si provano nell'ottenere la coesione, malgrado le inaffiature, attesa la tendenza continua dei materiali a disunirsi dopo l'aggregazione.

» Eseguito lo spargimento e il conguaglio dei materiali, s'incomincia l'operazione sopra ciascuna sezione dalle zone vicine al margine della carreggiata, e si dirige il cilindro da questi margini al vertice, portando la compressione alternativamente dai due lati dell'asse, onde ristabilire l'arcuato del profilo distruggendo ad ogni istante gli effetti dei movimenti trasversali, che le pietre subiscono ad ogni passaggio della macchina; inoltre allo scopo di conservare questa arcuazione, giova talvolta mettere dinanzi alla macchina una compagnie di spianatori, che facciano sparire costantemente le degradazioni del profilo, occasionate dal calpestio dei cavalli e dalla marcia del veicolo.

» Si devono cilindrare i materiali, durante un certo tempo, pari da ogni ganga. Lo scopo di questa cilindratura, che si può dire a secco, è quello di dare ai materiali una posizione stabile, di sminuire i vuoti, e di render minore, per conseguenza, il volume delle materie destinate alla loro aggregazione.

» A questo fine possono venire impiegate diverse specie di sabbia, la terra vegetale, le pietre tenere, le scaglie lapidee, la più minuta ghiaia, e i detriti levati dalla superficie delle strade. Questi ultimi sono stati in massima parte utilizzati negli spargimenti ai Campi Elisi presso Parigi.

» La sabbia la più magra e la più granita possibile è generalmente quella che presta il migliore servigio. Operando al principio o a metà della bella stagione,

la sabbia grassa o la terra magra possono venire impiegate con vantaggio. Queste sostanze sono anzi indispensabili allorchè i materiali presentano liscie superficie.

» La scelta da farsi deve dipendere dalla natura dei materiali, dall' epoca in cui ha luogo l' operazione, e deve esser tale, che le materie d' aggregazione sparse a più riprese sullo strato bene assettato, vi scendano sotto l' azione del cilindro a poco a poco e non troppo rapidamente; per la qual cosa si devono talvolta inaffiare le pietre. L' inaffiatura necessaria per diminuire la vagliatura, lo è altresì per sollecitare la presa.

» A misura che la carreggiata prende consistenza, si va caricando il cilindro sintanto che il peso abbia raggiunto il suo massimo. Qui gl' ingegneri non sembrano aver ancora fissato una legge, e confessano che fino al presente non si è pervenuti ad aprire immediatamente al pubblico una carreggiata avente la durezza di una buona strada vecchia. Bisogna lasciar operare il tempo e i veicoli, e, durante questo intervallo, impedire le traccie che si formassero, mediante cure assidue. A capo di alcuni giorni, ogni mollezza è sparita, e un' ultima cilindratura conferisce alla strada il suo polimento definitivo.

» Nelle prove fatte ai Campi Elisi si cessava dal lavorare nell' istante in cui il movimento dello strato era visibilmente estinto sotto il cilindro pesante 6700 chilogram. con 2 metri di diametro e 1^{m},50 di lunghezza. A partire da questo istante, i veicoli di ogni specie, vetture a stret tissimi quarti, omnibus e diligenze dei dinterni di Parigi, cavalleggieri, ecc., circolavano sulla carreggiata senza lasciare orme notabili del loro passaggio.

» Ma si deve ciò non pertanto confessare che la carreggiata era tuttavia lontana dall'avere acquistato la durezza e la elasticità di una vecchia strada. Aperta, essa presentava uno strato di materiali incastrati, i cui vuoti erano empiti di detriti polverulenti, mentre più tardi questi detriti avevano preso della natura del glutine, e formavano un vero smalto, che lasciava tagliare la carreggiata e levarne delle lastre abbastanza grandi. L'acqua, il roteggio ed il tempo furono le condizioni indispensabili perchè andasse compiuta l' opera.

» Non ostante questo ritardo, si tenne per dimostrato esser inutile il cercar di esercitare sulla carreggiata una pressione anche eguale a quella da subirsi dalla parte del roteggio. Alcune parti più deboli, dovessero pur cedere, sarà sempre più economico di ripassarle col pilone, e più tardi col cilindro, di quello che voler antivenire il male. In questo caso, il meglio è l' inimico del bene.

» È dunque affatto inutile il voler ottener a prima giunta una carreggiata che abbia tutta la solidità d' una vecchia strada; basta condurla al punto che il carreggio abituale possa circolare senza lasciare impressioni sensibili sullo strato dei materiali. Questo punto dipende dalla natura e dal carico dei veicoli chiamati a percorrere la strada, e l' esperienza vuol essere consultata in ciascun caso particolare.

» Il risultato ottenuto in origine con le ghiaie, è stato in qualche luogo così poco soddisfacente, che si aveva creduto di non poterle impiegare senza sovrapporvi uno strato grosso 4 in 5 centimetri di ciottoli spezzati; ma le ulteriori esperienze hanno dimostrato che si possono ottenere con le ghiaie in natura dalle carreggiate ben costipate al pari di quelle composte di ciottoli spezzati. Il mezzo a ciò conducente è semplicissimo, e consiste in una copertura di sabbia sullo strato cilindrato, la quale serve a sottrarre le ghiaie

all' immediata azione della ruote e dei cavalli sino al momento in cui il tempo e l' umidità abbiano permesso alle materie di aggregasione di far presa, e sino a quello in cui sotto la pressione dei veicoli siasi spazzata una quantità sufficiente di ciottoletti della superficie, perchè si possa esser sicuri di ottenere il risultato, che il solo carreggiamento realizza, allorchè gli spargimenti vengono sottomessi alla sua azione senza essere stati cilindrati.

» Una raccomandaziona è da farsi, ed è quella di cilindrare quanto che basta perchè i vuoti siano ristretti al maggior segno possibile; cioè, di non mettere la copertura definitiva, che quando non si possa più far entrare detriti nello strato compresso. Quest' ultima copertura, cilindrata alla sua volta per un certo tempo, non deve esser levata che col maggior riguardo, e al più tardi possibile.

» I materiali a spigoli acuti sono di gran lunga preferibili, e fanno prese molto più presto; ma abbiamo testè veduto che si rende possibile e si accelera la presa dei materiali tondeggianti, ricoprendoli di uno strato di sabbia, che può esser grosso 2 centimetri. Inoltre, facendo metter da banda e spezzare i più grossi basterà formare coi loro frantumi la parte superiore dello strato, per sollecitare singolarmente la presa.

» Se il tempo non è umido, la bagnatura si rende soprattutto indispensabile con l' ultima specie di materiali, affinchè l' azione del cilindro riesca a bene. Si suole a tale oggetto servirsi degli annaffiatoi comuni, ovvero di un annaffiatoio portato sopra una carretta tirata da un cavallo, allorchè l' acqua è lontana dal luogo dell' operazione.

» Non lasciamo di osservare che il numero dei cilindri influisce grandemente sulla celerità dell' operazione, celerità che tanto interessa nelle strade più frequentate. Se hannosi disponibili tre cilindri, questi possono esser sempre in lavoro in tre tronchi, uno per lo spargimento, un secondo per la cilindratura a secco con un cilindro leggiero, e il terzo pel consolidamento definitivo con un cilindro pesante. Avendosi invece un solo cilindro, il quale poi deve esser fatto alternativamente leggiero e pesante, non ha luogo il lavoro che sopra due soli tronchi, e l' operazione richiede un tempo più lungo.

» Sulle prime, il lavoro della cilindratura sarà naturalmente fatto eseguire a giornata; successivamente a cottimo, in ragione di tanto per chilometro; e da ultimo, quando per via di buone e replicate esperienze si saranno positivamente conosciute la manovra e la spesa, si potrà comprenderlo nei progetti, per farlo eseguire dagli imprenditori alle stesse condizioni degli altri lavori.

» Successivamente alla cilindratura, l' uso regolato della scopa sarà sufficiente a cancellare del tutto le traccie che per la mollezza dello strato superiore incominciassero a formarsi; e gioverà moltissimo di comprimere col pilone quelle parti che venissero disgregate dal calpestamento dei cavalli. Questi due mezzi, bene applicati, faranno sì che spesso non tornerà necessario un ultimo ritorno del cilindro sulla carreggiata.

» A capo di alcuni giorni dalla cilindratura, si ottengono quasi per incanto delle carreggiate, la cui superficie perfettamente regolare non si altera più. Mercè le cure e gli spargimenti minuti suggeriti di sopra, sarà infatti difficile lo scorgervi il più piccolo cangiamento, non vi saranno mai nè fango, nè polvere, nè buche, nè depressioni, nè traccie di veruna sorta; esse conserveranno sempre la loro forma perfetta e il loro leggiero arcuamento; i veicoli le percorreranno in tutti i sensi senza lasciarvi la benchè

menoma impronta; parranno insomma essere costantemente rimaste quali erano all'indomani della cilindratura; e non pertanto saravvi un consumo, ma meno considerevole di quello che ha luogo secondo gli spargimenti ordinari, poichè se non può esser negato alle carreggiate, trattate in tal modo, di essere al maggior segno resistenti ed unite, si deve per conseguenza ammettere che il consumo su di esse dovrà esser minore che non sulle altre; essendo di per sè chiaro, che i corpi sottoposti ad uno sfregamento, quali sono le strade rispetto alle ruote dei veicoli che vi passano sopra, si usano tanto men presto, quanto sono più duri ed uniti. Per sostenere che il consumo delle strade cilindrate debba, in parità di circostanze, risultare eguale a quello delle strade sottomesse ai sistemi ordinari di manutenzione, converrebbe ammettere l'opinione contraria, il che ci sembra assurdo.

5.° *Pilonatura.*

» Si fa manovrare il cilindro senza difficoltà sopra pendenze comprese tra o e $o^m,o5$ per metro; solamente il numero dei cavalli deve aumentare in proporzione del pendio. Al di là di questo limite, la manovra del cilindro diventa difficile e pericolosa pei cavalli, onde convien rinunciare al suo impiego. Si può allora supplirvi colla pilonatura.

» I piloni o pestelli adattati a questa operazione sono di legno, e pesano da 15 a 20 chilogrammi. Dopo aver pilonato per qualche tempo, si aggiunge una piccola quantità di sabbia, si pilona di nuovo, si aggiunge di nuovo della sabbia, e così successivamente; si segue, insomma, il processo che abbiamo descritto per il cilindro. L'impiego simultaneo di questi due mezzi, pilone e sabbia, è necessario per le stesse ragioni, che nella cilindratura: impiegando la sabbia senza pilonatura, si avrebbono carreggiate mancanti di elasticità; se si pilonasse all'opposto senza aggiungere della sabbia, sarebbe impossibile di operare il legame dello strato superiore.

» Le carreggiate consolidate a questo modo, non sono nè così unite, nè così ferme, come quelle che ottengonsi nell'altro caso; tuttavia, benchè inferiore a quello del cilindro, questo processo può essergli sostituito con vantaggio in certi casi, p. e.:

» 1.° Quando la pendenza sorpassa $o^m,o5$ per metro, come abbiamo premesso;

2.° Quando la carreggiata da comprimere abbia poca lunghezza, e il cilindro ne sia lontanissimo;

» 3.° Allorchè le dimensioni delle carreggiata si oppongono alla manovra del cilindro; tale sarebbe il caso di una piazza o di una corte circondata da muri.

» Questo metodo si applica alla restaurazione delle vecchie strade nel modo seguente:

» Fatti alcuni tagli, all'oggetto di riconoscere di quali strati sia composta la carreggiata da restaurarsi, gli stradaiuoli, aiutati da ausiliari, si occuperanno esclusivamente nell'inverno a nettarla, senza fare alcun uso di materiali, ed a spezzare sul sito le pietre sallenti. Alla primavera seguente, le prominenze che ancora esistessero saranno di nuovo spianate e nettate con cura, e si porranno dei materiali in tutte le affondature, in modo da regolare perfettamente la superficie della carreggiata.

» Indi si effettua la presa di questi materiali mediante il cilindro, servendosi, in luogo di sabbia, dei detriti provenienti dalla scopatura della strada.

» Tale processo ha il vantaggio di accelerare notabilmente la riparazione

completa di una strada: la spesa, d'altronde assai tenue, è ampiamente compensata dal risparmio dei materiali, che si perdono inevitabilmente in gran parte, quando si impiegano successivamente secondo il metodo ordinario.

» Lo stesso processo è singolarmente vantaggioso allorchè i materiali componenti la carreggiata sono d'una cattivissima qualità, e si voglia rinnovellarne lo strato superiore con materiali migliori. Basta allora rimontare la superficie sopra o^m,05 a o^m,06 al più di spessòre, ed applicarvi il cilindro. Si ottiene in tal guisa uno spargimento di grossezza uniforme, che resiste perfettamente; ed è soprattutto in tal caso che l'economia dei materiali è notabilissima.

Finalmente, il metodo che abbiamo proposto e sviluppato, è assai confacente per le carreggiate di pietrisco o di ghiaia, che attraversano città e popolose borgate. Si sa quanto in tal caso riescono incomodi i depositi di materiali. Torna dunque utilissimo di limitarsi a fare uno spargimento generale al principio del verno, se il consumo lo esige, e di passarvi sopra il cilindro; basterà, durante il freddo e nel corso delle altre stagioni, levare diligentemente il fango e la polvere, poichè il consumo ha luogo di una maniera uniforme sulle traverse nell' interno dei luoghi abitati, a cagione del gran numero di veicoli che si incrociano da ciascun lato, e degli imbarazzi d'ogni genere che incontrano nella loro marcia. Per la manutenzione del piano carreggiabile sul ponte del Carrousel a Parigi è attualmente adottato questo metodo (1). Tale pure è il metodo di manutenzione introdotto dal direttor generale Bourgoyne per le inghiaiate di Dublino (1).

» Il nuovo metodo di manutenzione, applicabile alle strade ordinarie in qualunque stato si trovino, può essere riassunto nei seguenti termini:

» 1.° Levare costantemente e giornalmente con la scopa i detriti che si presentano alla superficie della strada in forma di fango e di polvere;

» 2.° Mantenere sempre unita la superficie carreggiabile con spargimenti minuti di materiali diretti unicamente a saziare le affondature, che potessero formarsi, senza punto rialzarsi sul piano generale della strada;

» 3.° Restituire il consumo delle carreggiate, allorchè queste si trovano ridotte al minimo spessore necessario, con ispargimenti generali più o meno estesi a norma delle circostanze influenti sulla riuscita del lavoro e sui riguardi dovuti alla circolazione;

» 4.° Assodare immediatamente questi spargimenti usando del cilindro compressore, servendosi delle materie più proprie, e, in pari tempo, più economiche per la ganga dei materiali, e scegliendo, in generale, per questa operazione la primavera e l'autunno. Portare la compressione al punto di estinguere ogni movimento dei materiali, e lasciare del resto al ruteggio la cura di completarla, facendo intanto servire la scopa e il pilone per riparare le degradazioni eventuali della superficie;

» 5.° Finalmente, per la scopatura medesima, sostituire al cilindro il pilone nelle pendenze che superano il 5 per 100, nelle tratte brevissime distanti dal cilindro, e nei luoghi dove la manovra del cilindro incontrerebbe degli impedimenti.

(1) Emploi du cylindre compresseur pour accélérer la consolidation de chaussées neuves en empierrement, etc. Note par M. Coulaine dans les Annales des ponts et chaussées, 1840, 2.° sem., pag. 301.

(1) *Ved.* Observations sur l'entretien des routes, etc. par le G. Bourgoyne, negli Annali suddetti del 1847.

» I vantaggi economici, che immediatamente derivano dal metodo che abbiamo proposto, sono i seguenti :

» 1.° Un risparmio di materiali proporzionale al volume dei detriti e della sabbia, che possono esser presi per ganga ;

» 2.° Un risparmio considerevole di mano d'opera, dovuto alla differenza che passa fra la quantità di giornate richieste per impiegare un certo solido a piccolissime parti con minutissime cure, e la quantità di quelle che occorrono per impiegare lo stesso solido in uno spargimento generale;

» 3.° Infine, un altro risparmio di materiali proveniente dal diminuito consumo delle carreggiate cilindrate.

» Dalla somma di questi risparmi si deve poi diffalcare la spesa totale della cilindratura ; ma, ove si consideri che questa non può mediamente salire che a 10 cent. di lira per ogni metro superficiale di spargimento, grosso mediamente 10 centimetri, si vede subito che anche nel più sfavorevole caso (quello d'una debole frequentazione unita al modico prezzo dei materiali), la differenza sarà sempre abbastanza apprezzabile per fare che questo metodo venga universalmente adottato.

» Ci proveremo a dare un'idea del vantaggio economico di questo metodo, facendo un calcolo comparativo delle spese annuali di manutenzione d'un chilometro di strada, che fosse alternativamente sottomesso al sistema della scopatura, quello cioè che riduce al minimo il consumo dei materiali, e al sistema degli spargimenti generali cilindrati.

» In questo calcolo ometteremo le spese di opere accessorie, che sono a un dipresso le stesse per ambi i sistemi, e non riguarderemo che quelle, le quali hanno influenza sul confronto che vogliamo istituire.

» La frequentazione giornaliera del nostro chilometro sia di 100 cavalli da tiro, a cui corrisponde mediamente l'annuo consumo di $0^m,01$; la carreggiata sia larga 4 metri ; dopo 6 anni, il consumo sarà mediamente disceso a $0^m,06$, e, per rappresentarlo in materiali nuovi da spargersi a risarcimento della carreggiata, dobbiamo fare il seguente calcolo :

$$(0^m,6 \times 4^m,00 \times 1000^m,00)\ (1 + 3/10) = 312^{m.c.}00.$$

» Da questo solido va dedotto 1/5, e nel caso attuale circa $62^{m.c.},00$, ch'è il volume equivalente delle materie di aggregazione , il cui prezzo è compreso nella spesa della cilindratura, che riteremo di 10 centesimi al metro quadrato.

» Non terremo alcun conto nel nuovo sistema dell'economia dovuta alla maggiore resistenza e durata dei materiali, giacchè vogliamo basare il nostro calcolo sopra dati fissi ed incontrastabili.

» Ciò posto, col metodo degli spargimenti generali cilindrati, dopo il sest'anno si avrebbero le spese seguenti :

» Fornitura di $250^{m.c},00$ di materiali a lire 3:50 al metro cubo . L. 865

» Spargimento e conguaglio di $250^{m.c},00$ di materiali a lire 0:30 al metro cubo, attesochè per la poca grossezza dello strato, il lavoro sarà un poco difficile . . . . » 75

» Cilindratura di 4000 metri quadrati di carreggiata a lire 0:10 al metro q. . . . . » 400

» Spese di manutenzione : uno stradaiuolo, con l'annuo salario di lire 430, potrà mantenere 6 chilometri nella supposta frequentazione, onde per 6 anni ed 1 chilometro, il suo salario sarà di $\frac{430 \times 6}{6} =$ . . . . » 430

insieme L. 1770;

o sia aggiungendo le spese diverse, di manutenzione e di trasporto del cilindro . . . . » 1830;

la qual somma dà per anno e per chilometro $\frac{1830}{6} = 305$ lire.

» La manutenzione dello stesso chilometro durante sei anni a mezzo di spargimenti parziali secondo il sistema della scopatura, darebbe luogo alle spese che seguono :

» Fornitura di $312^{m.c.},00$ di materiali a L. 3:50 come sopra . . L. 1092

» Mano d'opera di stradaiuoli per impiego e successivo levamento in detriti dei suddetti metri cubi 312 in ragione di 4 giornate (1) al met. c. a lire 1:40 alla giornata . . . . » 1755

insieme L. 2827;

d'onde si deduce per un anno e per chilometro $\frac{2827}{6} = 471$ circa, cioe approssimativamente un terzo di più che nel precedente sistema; e questo di più sarebbe ancora maggiore se il prezzo dei materiali fosse più alto come suol esser nella maggior parte delle località. Analogamente, col sistema degli spargimenti generali cilindrati, vi sarebbe un risparmio maggiore nel caso, d'altronde ordinario, di una frequentazione maggiore di 100 cavalli da tiro.

(1) Secondo Garnier, questa mano d'opera consisterebbe in giornate 6,93, ma è di parere che potrebbe esser ridotta a sole 4 giornate senza intaccare la bellezza delle strade. *Observations et expériences sur les frais d'entretien des routes, etc. Annales des ponts et chaussées*, 1845, 2.e sem.

» Questa notabile differenza spiegasi facilmente ove si faccia riflesso ehe le numerose cure adoprate nel sistema della scopatura all' uopo di ridurre ai minimi termini il consumo delle carreggiate, rendendole in pari tempo bellissime, sono, nel sistema degli spargimenti generali, completamente sostitnite da una mano d'opera insignificante, è dalla potente azione del cilindro, che risulta di lievissimo costo; che inoltre una quinta parte dei materiali da impiegarsi viene surrogata da un volume eguale d'altre sostanse di un prezzo assolutamente inferiore.

» Se si volesse istituire un confronto del nuovo metodo col sistema ordinario degli spargimenti parziali, la differenza sarebbe ancor più spiccata, a cagione del grande consumo dovuto al legamento dei materiali mediante il passaggio dei veieoli, che infrangono prima e ridueono in detriti nna metà almeno dei materiali medesimi. Il sistema della scopatnra evita in massima parte codesto consumo, la mercè di molta mano d' opera, e con tutto ciò risulta più economico; il sistema degli spargimenti generali cilindrati impiega e conserva tutti i materiali con una spesa di gran lunga più tenue, e deve quindi neeessariamente riuscire il più economico di tutti.

» L' uso del cilindro nella manutenzione delle strade procura dunqne all'erario una ragguardevole economia; ma questa economia è niente in confronto di quella che deve esser fatta contemporaneamente dal commercio dei trasporti. Infatti, qualora si consideri ehe in tal modo si risparmiano le fatiche, gl' incomodi, i ritardi, le spese insomma dell' attuale manutenzione, si comprende di leggieri che tal economia dovrà annualmente salire a ana cifra altissima.

» L'allontanamento dei depositi di materiali; la riduzione notabile del numero degli stradaiuoli, e con eiò la possibilità di scegliere tra essi i più abili e diligenti; la pratica resa estremamente semplice della manntenzione, ehe si riduce alla scopatura delle strade; l'assenza del fango e della polvere che tanto incomoda i viaggiatori e nuoce a' cavalli e alle vetture; e, da ultimo, la presenza resa raccomandabile delle piantagioni laterali, per eonservare nelle strade quel grado d' umidità, che impedisce la disgregazione delle loro carreggiate, finora troppo a lungo provocata dal secco e dalla polvere: sono questi altrettanti vantaggi inerenti al metodo, che abbiamo eercato di promulgare.

» Laonde si crede di poter conchiudere, che il sistema degli spargimenti generali eilindrati, riunito alla scopatura, è quello ehe giunge a mantenere le strade buonissime e belle eon la minima spesa; e ehe perciò costituisce nell' arte della manutenzione un vero e segnalato progresso desiderabile, ora soprattutto ehe le strade ferrate, cangiando tntte le idee di loeomozione, non tarderanno a far crescere le esigenze delle popolazioni per le altre vie di comunicazione. »

Finalmente nella IV ed ultima parte della detta Memoria discorrendosi della *polizia del roteggio*, ed osservandosi giustamente che la durata delle strade dipende dalla resistenza dei materiali, e ehe di questi, d'altronde, non è sempre data facoltà di fare la scelta, si passa invece ad esaminare le regole che stabiliscono il peso e la struttura dei veicoli, e tendono principalmente a stabilire il rapporto fra la larghezza dei quarti delle ruote ed il carico totale da sopportarsi da quelli, nella vista appunto di nuocere il meno possibile alle strade. E qui eitasi l' erudito trattato *Sulle strade* del danese Vogellius Steenstrup (Copenaghen, 1843), e si esaminano le tariffe inglesi

antiche e moderne relative al carico e peso dei veicoli, nonchè le leggi emanate in Francia sullo stesso proposito, e accennasi ai quesiti proposti dall' amministrazione per base d' una nuova legge sulla polizia stradale, arrivandosi, per via di logiche induzioni, alle conclusioni seguenti:

1.° Che la limitazione dei carichi deve rignardarsi come pochissimo influente sulla conservazione delle strade, e piuttosto nocevole al commercio dei trasporti.

2.° Che nei veicoli del grosso vetturaggio basta fissare a soli 14 centimetri la massima larghezza dei quarti delle ruote.

3.° Che le ruote di grande diametro consumano in minor grado le strade, ed esigono in pari tempo minor forza di traimento.

4.° Che per l' interesse delle strade e dello stesso commercio dei trasporti si deve promuovere la divisiune dei carichi.

5.° Che importa di generalizzare l' uso dei veicoli a 4 ruote, facendo a poco a poco allontanare dalle strade i grossi veicoli a due ruote.

6.° Che si agevolano i trasporti e si risparmiano le strade, frapponendo ai porta-carico e alle sale dei veicoli delle molle metalliche.

7.° Che, in fine, le eccellenti strade, oltrechè andar esenti in massima parte dai guasti, che loro occasionano i veicoli, permettono ancora che quelli divengano più leggeri, e possano conservarsi più a lungo, con evidente risparmio delle spese della loro costruzione e manutenzione, e con risparmio di fatica ai cavalli, che vengono inoltre sollevati da un patimento gravissimo per l' assenza del fango e della polvere.

« Sotto il rapporto del roteggio (finisce l'autore) si rende dunque più manifesto ed urgente il bisogno di aver delle strade mantenute in costante buon essere, vale a dire sempre unite, nette e liscie. Il sistema che meglio d' ogni altro si presta all'adempimento di queste condizioni che inchiudono la vera bontà delle strade, è quello della *scopatura* per la giornaliera manutenzione, e della *cilindratura* pei risarcimenti periodici di quel consumo a cui sono inevitabilmente soggette le carreggiate. Con questo doppio sistema si ottiene la perfetta nettezza e la perfetta scorrevolezza delle strade, ed è ovvio a scorgersi che in tale stato spuntandosi in gran parte le cause che su d' esse agiscono, devono le strade in ultimo couto esigere una manutenzione meno gravosa all' erario, in confronto di quelle trattate col sistema ordinario, il quale dà luogo a un soverchio schiacciamento di materiali, e per conseguenza a una maggiore formazione di fango e di polvere, in una parola a un consumo più grande relativamente alle spese, e ad una più gran de fatica relativamente al careggio. »

Posteriormente a questa Memoria pubblicata, come abbiamo detto, dal Nicoletti nel 1852, ebbimo a leggere nel bimestre di ottobre e novembre 1853 degli *Annales des Ponts et Chaussées* alcune eccellenti Considerazioni intorno alle spese di manutenzione delle strade, del signor Gasparin, celebre ingegnere francese, di cui stimiamo opportuno di assumere i risultamenti.

Egli deriva la spesa della manutenzione delle strade da quattro speciali elementi:

1.° Dal consumo annuale della strada per ogni chilometro;

2.° Dalla cura più o meno grande che s' intende voler prestare al mantenimento della medesima;

3.° Dai lavori indipendenti dalla circolazione;

4.° Dalle spese di sorveglianza.

1.° Il consumo della strada dipende dalla fatica o dalla somma delle pressioni esercitate annualmente sopra di essa, e la fatica dipende dalla frequentazione; ma la fatica non è proporzionale alla frequentazione, e il consumo non è proporzionale alla fatica.

Il consumo deve dunque esser misurato direttamente. Il valore del consumo non può esser dato dal peso dei detriti raccolti.

Il consumo consta di due parti distinte: 1.° Dalla diminuzione in peso della strada; 2.° Dalla differenza de'suoi componenti al principio ed alla fine della esperienza; l'attenuazione dei materiali producendo necessariamente una diminuzione di resistenza.

Per misurare questa seconda parte del consumo, bisognerebbe constatare la diminuzione del peso della strada per un gran numero d'anni; ovveramente determinarlo per ogni punto, fino a che si ricadesse esattamente sulla composizione interna del punto di partenza. Fra questi due periodi, la diminuzione del peso della strada darebbe la cifra esatta del consumo.

Si può facilmente determinare il consumo, lasciando logorare compiutamente alcuni strati di una composizione determinata in precedenza: lo che permette di apprezzare l'influenza della composizione interna sul consumo.

La cifra del consumo essendo del resto influenzata dal clima, la determinazione non può essere generalizzata, dovendo esser fatta specialmente sopra ogni sezione di strada.

2.° La mano d'opera, indipendente dalla circolazione, varia col clima, con la larghezza delle strade, col loro profilo longitudinale e la loro esposizione. Tutte queste nozioni possono raccogliersi sopra ogni strada o sezione di strada, determinando soltanto la lunghezza Δ del cantone nel quale il lavoro di uno stradaiuolo (valutato di 300 giornate all'anno) sarebbe sufficiente a supplirvi.

3.° La mano d'opera che importa sulla strada il consumo di un metro cubo di materiali per l'uso, mantenimento delle superficie, lievo dei detriti in polvere e in fango, varia secondo l'estensione delle superficie sopra la quale esso applicasi. A cura eguale, essa è un *minimum*, quando cioè tutte le operazioni occorrenti si facciano col più piccolo spostamento possibile. Chiamando n questa mano d'opera, il valore più o meno grande che le si attribuisce dipende dai depositi generali di cui si dispone, ed è la misura della cura che si vuol prestare alla manutenzione.

Noi valutiamo al 20 p. o/o la parte di mano d'opera corrispondente al consumo d'un metro cubo, che varia proporzionalmente alla superficie sulla quale questo metro cubo consumasi.

4.° La sorveglianza si esercita per via d'un pedone ad ogni 40 chilometri di strada, e d'un capo-cantoniere con otto cantonieri per ogni mezzo cantone. Ora ammettiamo che i salarii dei cantonieri ordinarii, del capo-cantoniere e dei pedoni sieno tra loro come i numeri 5, 6, 9.

Poste queste basi, chiamando u il consumo, p il prezzo dei materiali, p' il prezzo della giornata, vale a dire 1/300 del salario annuo del cantoniere, abbiamo le espressioni seguenti:

Per la spesa in materiali ad ogni chilometro:

$$(1) \qquad p\,u.$$

Per la mano d'opera relativa alla manutenzione della strada:

$$(2) \qquad p \times n\,(0{,}92u + 41{,}60).$$

Per la mano d'opera accessoria:

$$(3) \qquad p' \frac{300}{\Delta}$$

Per la sorveglianza:

$$(4) \qquad p'\left[13{,}50 + \frac{25}{\Delta} + n\,(0{,}08u + 3{,}40)\right].$$

La spesa totale della manutenzione D è dunque:

$$(5) \qquad D = p\,u + p'\left[13{,}50 + \frac{325}{\Delta} + n\,(45 + u)\right].$$

Designando con R il deposito totale spettante alla manutenzione delle strade, e con l' la lunghezza d'una strada o sezione di strada, il valore di n che deve essere determinato dall'amministrazione, e che è la misura della cura da prestarsi alla manutenzione, risulta dalla formula generale:

$$(6)\; R = \begin{cases} lpu + l_1\,p_1\,u_1 + l_2\,p_2\,u_2 + \dots \\ + 13{,}50\,(l\,p' + l_1\,p'_1 + l_2\,p'_2 + \dots) \\ + 325\left(\dfrac{l\,p'}{\Delta} + \dfrac{l_1\,p'_1}{\Delta} + \dfrac{l_2\,p'_2}{\Delta} + \dots\right) \\ + n\,[l\,p'\,(45 + u + l_1\,p'_1)\,(45 + u) + l_2\,p'_2\,(45 + u_2) + \dots] \end{cases}$$

n essendo determinato da questa equazione, la relazione (5) dà la ripartizione per ogni strada o sezione di strada. Quando i cantonieri sono soli incaricati di tutta la mano d'opera sopra una strada, la lunghezza del cantone x è determinata dalla relazione:

$$(7) \qquad x = \frac{300}{\dfrac{300}{\Delta} + n\,(0{,}92u + 41{,}60).}$$

Il credito minimo neceesario al mantenimento di una strada è:

$$(8) \qquad D = p.u + p'(0{,}6\,u + 72{,}50).$$

Quando il credito prefissato ad un ingegnere discende al di sotto di quello determinato dalla relazione (8), egli è forzato di sostituire incompletamente il consumo, determinando dietro l' equazione (8) il valore di u che rappresenta allora non più il consumo reale, ma il cubo dei materiali che può impiegare utilmente.

Quando il credito D è superiore a quello che risulterebbe dalla relazione (8), ma inferiore a quello normale determinato dalla relazione (5), l'ingegnere deve tirare dalla relazione (5) i valori di n e di Δ che misurano le cure ch' egli vuole affidare a tutta la mano d' opera della strada; chiamando n' e Δ' questi nuovi valori si hanno i rapporti:

$$(9) \qquad \Delta' = 36\left(1 - \frac{n'}{n}\right) + \frac{n'}{n}\Delta$$

$$(10) \qquad D = pu + p'\left[13{,}50 + \frac{325}{36\left(1 - \frac{n'}{n}\right) + \frac{n'}{n}\Delta} + n'(45 + u)\right].$$

Quando il credito D è superiore al credito normale che risulterebbe dal rapporto (5), le formule (9) e (10) danno egualmente i nuovi valori di n e di Δ.

Se chiamisi t il numero delle giornate favorevoli alla riparazione della strada, e se l' ingegnere vuole che la totalità di queste riparazioni sia eseguita in tempo utile dai cantonieri senza ausiliarii, la lunghezza della stazione è determinata dalla formola:

$$(11) \qquad x = \frac{t}{n\,(0{,}92u + 41{,}60)}$$

resta allora al cantoniere oltre alla mano d' opera della strada un numero di giornate espresso da:

$$(12) \qquad n\,(300 - t)\,(0{,}92u + 41{,}60).$$

Siccome la mano d' opera accessoria è espressa da $\frac{300}{\Delta}$, il cantoniere deve impiegare in un lavoro supplementario, che non può essere che la spezzatura dei materiali, il tempo rappresentato della formula:

$$(13) \qquad n\,(300 - t)\,(0{,}92u + 41{,}60) - \frac{300}{\Delta}.$$

Il numero delle giornate per tale spezzatura domandato mediamente da un metro cubo di materiali impiegati sulla sezione della strada, essendo designato da c, la fornitura u richiederà un numero di giornate $u\,c$. Quando l'espressione (13) sarà più piccole di $u\,c$, si potrà utilizzare il tempo dei cantonieri colla spezzatura; ma se essa è più grande di $u\,c$ vi sarebbe del tempo sprecato espresso da:

$$(14) \qquad n\,(300 - t)\,(0{,}92u + 41{,}60)\,\frac{300}{\Delta}\,u\,c.$$

In questo caso si presenta la necessità di diminuire il numero dei cantonieri, e di regolare la lunghezza dei cantoni per compiere la spezzatura e la mano d'opera accesoria, durante il tempo che non può essere utilmente impiegato per la strada; la lunghezza del cantone è regolata allora dalla espressione:

$$(15) \qquad x = \frac{300 - t}{\frac{300}{\Delta} + u\,c}$$

ed il credito da impiegarsi pegli ausiliarii da aggiungersi ai cantonieri per mano d'opera della strada è espresso da:

$$(16) \qquad p\left[n\,(0{,}92u + 41{,}60) - \frac{t\left(\frac{300}{\Delta} + u\,c\right)}{300 - t}\right]$$

Qualora non si voglia far praticare la spezzatura dei materiali dai cantonieri, la lunghezza dei cantoni è regolata dalla condizione di eseguire i lavori accessorii durante il tempo che non può essere utilmente consacrato alla mano d'opera della strada, e si ha:

$$(17) \qquad x = \frac{(300 - t)\,\Delta}{300}.$$

Finalmente, dove si adotti un sistema intermedio lasciando una piena libertà d'azione, che consiste nel dare ad ogni cantoniere due ausiliarii durante il tempo propizio alle riparazioni della strada, si ha per la lunghezza del cantone x:

$$(18) \qquad x = \frac{3t}{n\,(0{,}92u + 41{,}60)}$$

Egli è di somma importanza oggidì che la costruzione delle strade di ferro, e l'introduzione dei nuovi sistemi di manutenzione possono, anzi devono, di giorno in giorno alterare la distribuzione delle spese, l'adottare una organizzazione di lavoro tale che il numero degli agenti annuali sia anch' esso ridotto al minimo, per quanto lo comporta una buona pratica.

Una strada è la migliore possibile quando la parte solida è composta di materiali che presentino la più grande resistenza allo schiacciamento ed allo sfregamento, quando le materie che riempiono i vuoti della rete presentano il più di coesione e di elasticità possibile, e finalmente quando queste doppie qualità persistono sotto l'azione delle forze e delle meteore.

I materiali più resistenti non sono sempre quelli i cui detriti formino il più coerente legame; di modo che le calcaree grossolane della mollassa, che sono poco resistenti, presentano della coesione e dell'elasticità in quasi tutti i gradi di attenuazione; le silici amorfe, assai resistenti, danno detriti assolutamente inerti; i materiali argillosi sono in movimento perpetuo sotto l'azione delle meteore.

Si diminuirà dunque il consumo in molti casi mescolando a' materiali resistenti altri materiali poco resistenti. I materiali poco resistenti, ovvero le materie di aggregazione, devono quando si procede per miscuglio, essere amalgamati ai materiali più resistenti nella proporzione della metà.

Il prezzo dei materiali meno resistenti essendo φ, e u' contrassegnando il consumo della strada formata per miscuglio, si ha la proporzione:

$$u' = u \frac{p + p'n}{2/3\, p + 1/3\, \varphi + p'n.} \qquad (19)$$

Dal che si deduce:

$$\varphi = \frac{p\,(3u - 2u') + 3p'n\,(u - u')}{u'} \qquad (20)$$

Questi due rapporti permettono di determinare a qual prezzo si possono pagare le materie d'aggregazione, quando esse abbiano per effetto di ricondurre u ad u', ovvero, il prezzo delle materie essendo conosciuto, qual debba essere il consumo u' perchè vi sia vantaggio nell'adoperarle.

Il miscuglio delle materie di aggregazione o dei materiali teneri si fa mescolando un terzo di metro cubo di tali materie con un metro cubo di materiali, e adoperando il resto per la coperta.

La formola delle spese di mantenimento per l'uso delle materie d'aggregazione diventa:

$$D = (2/3\, p + 1/3\, \varphi)\, u + p'\left[13{,}50 + \frac{325}{\Delta} + n\,(45 + u)\right] \qquad (21)$$

Dove si adoperino mezzi artificiali di compressione, tali come la cilindratura, non si può introdurre per ogni metro cubo di materiali resistenti, che un terzo di metro cubo al più di materie d'aggregazione in istato di sabbia o detriti.

Ciò che resta di vuoto viene riempiuto a spese di materiali solidi. Riserbasi per la manutenzione della superficie ad ogni chilometro un dato cubo di materiali u'

Ora chiamandosi u'' la parte di materiali soggetta alla cilindratura corrispondente ad un anno di tempo e a un chilometro di estensione, e p'' il prezzo della mano d'opera della cilindratura per un metro cubo di materiali solidi, l'equazione delle spese di manutenzione diventa:

$$(22)\quad D = p u'' + p'\left[13{,}50 + \frac{325}{\Delta} + n(45 + u')\right] + u''(p + 1/3\,\varphi + 2/3\,p' + p'').$$

Ma la strada cilindrata non ha provato che una pressione mediocre, relativamente a quella che deve farle provare il ruoteggio: i materiali furono semplicemente avvicinati alla loro posizione di aggregazione definitiva. Bisogna dunque, dopo la cilindratura fino al momento in cui tale aggregazione definitiva si è ottenuta, valersi di una mano d'opera molto assidua, onde poter far percorrere dal ruoteggio la superficie cilindrata, eliminando le affondature e mantenendo la massa in uno stato igrometrico conveniente; bisogna inoltre togliere la polvere e la belletta, come nella manutenzione ordinaria. L'operazione della cilindratura deve in conseguenza farsi compiutamente o non farsi.

Se i crediti accordati per una strada sono tali da corrispondere alla formula (5), vale a dire alla spesa di mantenimento nel sistema ordinario, ciò basta perchè si possa introdurvi la cilindratura, e perchè la spesa p'' della cilindratura e degl' innaffiamenti fino alla costipazione perfetta, soddisfi alla relazione:

$$(23)\quad p'' = \frac{p - \varphi + 2p'}{3}.$$

In ragione del lavoro che i cantonieri devono prestare al mantenimento delle parti cilindrate dopo la cilindratura, la lunghezza delle stazioni è determinata dalla relazione:

$$(24)\quad x = \frac{225}{\frac{300}{\Delta} + 0{,}92u' + 41{,}60}.$$

Quando il credito accordato è eguale o superiore a quello che risulta dalla relazione (22), è d'uopo adottare il metodo delle condotte; quando il credito è inferiore, devesi rinunciarvi, ed il minimo della spesa (introducendovi una materia di aggregazione, riducendo la mano d'opera della strada e la mano d'opera accessoria al *minimum*) si ottiene combinando la formula (22) nella quale si fa $p'' = 0$ colle formule (8) e (9); questa spesa *mimimum* è espressa da:

$$(25)\quad D = p u' + p'\left[13{,}50 + \frac{325}{18 + \frac{1}{2}\Delta} + n(45 + u')\right] + u''(p + \tfrac{1}{3}\varphi + \tfrac{2}{3}p').$$

Concludendo, dichiareremo che non abbiamo preteso di stabilire delle formule infallibili; noi le crediamo al contrario suscettibili di molte modificazioni; ma abbiamo solamente voluto constatare analiticamente il punto al quale, per quanto ci consta, i più reputati ingegneri hanno fatto giungere l'arte di costruire e di mantenere le strade.

(Gauffier — *Annales des ponts et chaussées* — Nicoletti — Gasparin — F. F. comp.)

Cenni storico-economici-statistici-disciplinari intorno alle Ferrovie.

STRADE-FERRATE. Un po' di storia non guasta mai: essa torna tanto più opportuna nel caso nostro, in quanto si tratta d' un nuovo mezzo di locomozione che mutò affatto l' aspetto dei rapporti sociali, agevolando le comunicazioni da un punto all' altro del mondo, e producendo, collo spostamento dei capitali, una specie di rivoluzione nel sistema economico delle nazioni.

L' applicazione del vapore alla propulsione dei battelli sulle riviere venne ad aprire un' era novella anche nella scienza dell' ingegnere. Thevithick ebbe il pensiero di applicare lo stesso motore alle strade; ma ben presto la sua attenzione si arrestò più particolarmente alle strade di ferro, e nel 1806 fu veduta una locomotiva funzionare sulle guide di Merthyr-Tidvil nel paese di Galles. Era questo un primo saggio, una macchina rozza che non dava che mediocri risultamenti, e che non riusciva a vincere le più deboli salite. Fu attribuita anzi a tutto la sua poca efficacia alla insufficienza delle ruote nell'aderire alle guide; e per correggere a questo difetto, lo stesso Thevithick e Vivian, unitisi nello sperimento, immaginarono di creare delle asperità sul contorno dei quarti delle ruote, piantandovi dei chiodi muniti di grosse teste. Cinque anni più tardi, Blenkinsop pensò di togliere questa pretesa imperfezione munendo le sua macchina di una ruota dentata che ingranavasi in una guida tagliata in forma di catena. Per tal modo ei riuscì a vincere delle salite assai forti, ma non ottenne che un effetto utile molto debole. Guglielmo ed Eduardo Champman da un lato, Brunton dall'altro, tentarono anche essi di aumentare l' aderenza delle locomotive sui raili: i due primi col mezzo di una specie di catena alla Vaucanson, l' altro applicando al suo rimorchiatore un apparato di ferro che imitava il movimento delle gambe dell' uomo, e che trovava il suo punto d' appoggio sul terreno. Fatto questo passo; si ebbe ad accorgersi che la difficoltà non istava altrimenti dove si credeva di ravvisarla, e che l' aderenza delle ruote motrici sui raili bastava per mettere in movimento dei pesi molto considerevoli; ma che era la potenza della propulsione, la produzione del vapore, quella che non bastava all'uopo, perchè limitata dalle esiguità delle superficie della caldaia esposte all' azione del fuoco, come dalla difficoltà di mantenere un traimento efficace con un fumaiuolo che non poteva elevarsi a una grande altezza. A partire da questo punto, gli sforzi fatti per migliorare le locomotive, ricevendo una direzione più razionale, portarono migliori frutti. Nel 1826 la strada di Darlington ottenne dall' uso di questi motori un servigio regolare ed economico per il trasporto dei carboni, però con piccola velocità; e non si fu che alla fine del 1828 che la locomotiva divenne quale la vediamo oggidì.

Allora soltanto, ed in un concorso in cui entrarono in lizza i più celebri costruttori dell' Inghilterra, furono vedute per la prima volta delle macchine

correre con la sollecitudine di 8 a 10 leghe all' ora, e fu dovuto il trionfo all' ingegnere Stephenson, il quale ottenne tale risultamento applicando alle sue macchine due invenzioni (a quanto ne dicono i Francesi) di origine francese. Lo stesso Stephenson, chiamato innanzi al Parlamento nell' inchiesta aperta all' occasione della strada di ferro di Liverpool, annunciava in mezzo allo schiamazzo degli uditori ch' egli forniva delle locomotive atte a correre con una sollecitudine di 5 leghe. Tutte le previsioni umane erano state oltrepassate, e la si fu senza dubbio una memorabile giornata pegli annali della civilizzazione moderna quella in cui fu aperta la strada da Liverpool a Manchester con quelle nuove locomotive. Allora le strade di ferro, che non erano state sino a quel punto che strade un po' meglio confezionate delle ordinarie, presero una posizione a parte e cangiarono affatto le relazioni precedenti fra lo spazio ed il tempo.

L' industria importante di quelle che chiamiamo adesso le ferrovie, non data dunque che dal 1830. Dopo quest' epoca essa non è restata stazionaria un solo momento, e le locomotive furono così bene perfezionate, che si è potuto sul Great-Western raggiungere la spaventevole velocità di 40 leghe all' ora, e che sulle guide ordinarie si giunge, con piccoli carichi, a fare 20 e 25 leghe nello stesso tempo.

La confezione del materiale delle strade di ferro e quindi le spese necessarie pel loro acquisto dipendono dall' importanza della circolazione. Più vi ha di movimento nei viaggiatori e nelle mercanzie, più abbisognano di convogli, di vetture e di locomotive per trascinarle.

L' esperienza ha dimostrato che il lavoro medio di una locomotiva in un anno equivale al percorrimento di 22,000 a 30,000 chilometri; 60 ad 80 chilometri in un giorno.

Conoscendosi il numero dei viaggi quotidiani e la lunghezza di questi viaggi, si può facilmente calcolare il numero delle locomotive necessarie al servizio. Il materiale delle strade di ferro esistenti in Francia, compresa le vettore ed i loro accessorii, ha costato in origine da 25 a 60,000 fr. per chilometro per le grandi linee. Nella rete belgia, la media del prezzo, dedotta dai giganteschi lavori delle vallate della Vesdra, e considerata nelle condizioni ordinarie del buon mercato, rispetto al ferro, risulta dagli elementi che seguono:

Terreni . . . . . . F.i	52,000
Interrimenti e lavori d' arte. »	116,000
Stazioni . . . . . . »	20,000
Traverse, raili . . . . »	56,000
Materiale . . . . . . »	35,000
Spese generali . . . . »	9,000
Totale »	288,000

In Francia 866 chilometri di strada di ferro hanno costato 286 milioni e mezzo, vale a dire 335,000 franchi in via media, vale a dire assai più che nel Belgio; ma è d' uopo osservare che in questi 866 chilometri sono comprese le piccole linee di Versailles e di Saint Germain, che per effetto della vicinanza alla capitale costano più di 800,000 franchi per chilometro.

In Inghilterra, 49 grandi linee aperte alla circolazione alla fine del 1843, aventi una lunghezza di 2,800 chilometri, avevano costato 1,500 milioni, vale a dire poco più di 5,000 franchi per chilometro.

In Allemagna, al contrario, una rete di una estensione presso che eguale a 2,400 chilometri non ha costato che 353 milioni, lo che corrisponde a 147,000 franchi al chilometro. Questa notabile differenza si spiega col buon prezzo della mano d' opera in questo paese, e sopra tutto

dietro alla considerazione che le strade tedesche sono ad un solo binario.

Dal raffronto di tali cifre risulta quindi, che i lavori delle strade ferrate avanzarono nei diversi paesi fino ad una certa epoca con un passo molto disuguale ed incerto. E ciò non dipendette per verità dal dubbio omai dissipato intorno alla loro utilità, ma piuttosto perchè non si era ancora d'accordo rispetto ai mezzi di conseguire lo scopo. Nessuna nazione fu in proposito più prodiga di parole della francese, in nessuna parte i diversi sistemi furono l'oggetto di più vive controversie, nè fu dato altrove lo spettacolo della maggiore instabilità.

Nei primordii, la costruzione delle strade ferrate fu abbandonata interamente alle società private. Dal 1826 al 1830 le strade d'Andrezieux da Saint-Étienne a Lyon, da Saint-Étienne a Roanne furono concedute a perpetuità, direttamente e con ordinanza. Nel 1833, quando si trattò di eseguire la strada da Alais a Beaucaire, la concessione per aggiudicazione fu sostituita alla concessione diretta; non si procedette più per ordinanza, ma dietro a voto legislativo. Lo Stato si riserbò la proprietà della linea, e non alienò che l'usufrutto per 99 anni.

Nel 1835-36 si tornò alla concessione diretta per la strada di Saint-Germain e da Montpellier a Cette, per applicare di nuovo il sistema dell'aggiudicazione alle strade di Versailles e da Bordeaux alla Teste.

Nel 1837, il Governo recò alle Camere un progetto di concessione diretta per la linea del Nord, un progetto d'aggiudicazione delle linee d'Orleans e di Rouen. Questi progetti ricevettero una cattiva accoglienza, e nelle discussioni che sollevarono fu rimproverato allo Stato di abbandonare così all'interesse dei privati delle vie di trasporto che dovea ritenere per proprio conto.

Nel 1838, il Governo, per deferenza ai voti delle Camere, presentò adunque un progetto di legge che proponeva l'esecuzione a spese dello Stato di una vasta rete di strade ferrate, nelle quali erano comprese tutte le grandi arterie percorribili della Francia. Ma anche allora, ed in seguito ad una reazione altrettanto improvvisa che inesplicabile, la Camera si trovò in disaccordo col Governo: essa non assentì che i lavori si facessero dallo Stato, e portò ai sette cieli l'attitudine ed il concorso delle società. Il progetto ministeriale fu dunque respinto, e le linee da Parigi a Orleans e da Parigi al mare, furono direttamente accordate a società particolari. In quest'anno medesimo si ebbero anche a concedere le linee da Strasbourg a Basilea, da Lilla a Dunkerque e da Bordeaux a Langon.

Allora cominciò un traffico delle cartelle, o certificati d'azione, dei più scandalosi. Le compagnie che si erano organizzate nell'idea di combinare piuttosto un affare di banca, o quasi a dire di battere moneta, e di realizzare dei premii anzichè di eseguire dei lavori, non avevano preparato alcuno studio, approntato alcun piano, nè si accinsero appena all'opera che riconobbero l'insufficienza dei loro fondi sociali. Lo scoraggiamento li vinse, e si comunicò dai capi ai singoli azionisti. Di tutti gl'impegni solenni presi in faccia al paese non rimase ben presto che una trista memoria. La compagnia della strada di ferro d'Orleans rimase sola in piedi, e fu d'uopo eziandio per mantenerla in vita mutare le basi della sua concessione e garantire agli azionisti l'interesse e l'ammortizzamento dei capitali impegnati nell'intrapresa. Gli anni 1839-40-41 furono quindi presso a poco perduti per le strade ferrate in Francia. Durante questi tre anni non furono decretate che le

linee da Montpellier a Nimes, dalla frontiera belgia a Lilla ed a Valenciennes, e da Parigi a Rouen; quest'ultima conceduta a una società privata, le due altre eseguite a spese dello Stato. Finalmente, nel 1842, il progetto respinto nel 1838 e modificato nel senso che lo Stato eseguisse i lavori d'arte, i terrapianamenti e le stazioni, e le società appaltatrici fossero incaricate del collocamento dei raili e dell'acquisto del materiale, fu adottato dalle Camere, e s'intraprese daddovero l'opera della costruzione delle strade.

In altri paesi frattanto i tentennamenti (proprj d'ogni grande innovazione) andarono meno alla lunga, o furono meno ripetuti. L'Inghilterra, a mò d'esempio, non ha abbandonato per un solo istante il suo sistema di concedere la costruzione e l'esercizio delle strade alle società private; il Belgio prese il partito contrario, e vi ha perseverato; in Allemagna si principiò col sistema delle concessioni; ma parecchi governi illuminati dall'esperienza adottarono poscia quello del Belgio, come l'Austria, l'Annover, la Baviera, il Ducato di Baden.

Nella Russia è lo Stato che costruisce le strade; in America si adottarono secondo i casi i due sistemi a vicenda. Adesso che abbiamo toccato i punti più culminanti della storia delle strade ferrate, la quale ricorderà un giorno questa invenzione come una delle glorie principali del nostro secolo, parleremo delle leggi che furono emanate per regolarne l'esercizio. E siccome a testi francesi abbiamo quasi sempre avuto ricorso nella nostra compilazione, così principieremo colle disposizioni legislative e coi disciplinari francesi relativi alle macchine ed alle caldaie a vapore, od alla polizia e sicurezza delle strade ferrate, raffrontandoli, ove occorra, con quelli di altri Stati.

Per giovar meglio alla storia, anzichè l'ordine della materia seguiremo l'ordine cronologico delle singole decretazioni.

ORDINANZA DI LUIGI FILIPPO RE DE' FRANCESI *del 22 maggio 1843, relativa alle macchine ed alle caldaie a vapore diverse da quelle poste sopra battelli.*

Sul rapporto del nostro ministro segretario di stato nel dipartimento delle pubbliche costruzioni;

Viste le ordinanze del 29 ottobre 1823, 7 maggio 1828, 23 settembre 1829 e 25 marzo 1830, riguardanti le macchine e caldaie a vapore;

Vista l'ordinanza del 22 luglio 1839, relativa alle locomotive in uso sulle strade ferrate;

Visti i rapporti della Commissione centrale delle macchine a vapore stabilita presso il nostro ministro delle pubbliche costruzioni;

Sentito il nostro consiglio di stato:

Abbiamo ordinato ed ordiniamo quanto segue:

Art. 1.° Saranno assoggettate alle formalità ed alle misure di sicurezza prescritte dalla presente ordinanza le macchine a vapore e le caldaie chiuse nelle quali deve prodursi il vapore.

Le macchine e caldaie stabilite a bordo dei battelli saranno regolate da un'ordinanza speciale.

TITOLO I.

DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA FABBRICAZIONE ED AL COMMERCIO DELLE MACCHINE O CALDAIE A VAPORE.

Art. 2.° Nessuna macchina o caldaia a vapore potrà essere rilasciata da un fabbricatore se non sia stata assoggettata alle prove qui sotto prescritte. Le dette prove saranno fatte alla fabbrica, sulla dichiarazione dei fabbricatori, e dietro

gli ordini de' prefetti, dagli ingegneri delle miniere, o, in loro mancanza, dagl' ingegneri di ponti, acque e strade.

Art. 3.° Le caldaie o macchine a vapore provenienti dall' estero dovranno esser fornite degli stessi apparecchi di sicurezza che hanno le macchine o caldaie di origine francese, ed assoggettarsi alle stesse prove. Queste prove saranno fatte nel luogo indicato dal destinatario nella dichiarazione che dovrà fare alla importazione.

TITOLO II.

Disposizioni relative allo stabilimento delle macchine e delle caldaie a vapore stabilmente collocate in luoghi diversi dalle miniere.

Sezione I.

Delle autorizzazioni.

Art. 4.° Le macchine e le caldaie a vapore tanto ad alta che a bassa pressione quali sono adoperate stabilmente in qualunque luogo diverso dall' interno delle miniere, non potranno essere stabilite se non in virtù di un' autorizzazione rilasciata dal prefetto del dipartimento, conforme a quanto è prescritto dal decreto del 15 ottobre 1810 pegli stabilimenti insalubri ed incomodi di seconda classe.

Art. 5.° La domanda di autorizzazione sarà diretta al prefetto. Essa farà conoscere:

1.° La pressione massima del vapore, espressa in atmosfere ed in frazioni decimali di atmosfera, sotto la quale le macchine o caldaie a vapore avranno ad agire;

2.° La forza di queste macchine espressa in cavalli (essendo il cavallo-vapore la forza capace d' innalzare un peso di 75 chilogrammi ad un metro di altezza, nel tempo di un secondo);

3.° La forma delle caldaie, la loro capacità e quella de' loro tubi bollitori, espresse in metri cubici;

4.° Il luogo e sito ov'esse dovranno essere stabilite, e la distanza in cui si troveranno dai fabbricati appartenenti a terzi e dalla via pubblica;

5.° La natura del combustibile che verrà usato;

6.° Finalmente il genere d' industria a cui le macchine o le caldaie dovranno servire.

Una pianta delle località ed il disegno geometrico della caldaia verranno uniti alla domanda.

Art. 6.° Il prefetto rimanderà immediatamente la domanda di autorizzazione, coi disegni, al sotto-prefetto del distretto, per essere trasmessa al sindaco o podestà della comune.

Art. 7.° Il sindaco procederà immediatamente ad informazioni *de commodo et incommodo.* La durata di queste ricerche sarà di dieci giorni.

Art. 8.° Cinque giorni dopo che sarà terminata, il sindaco o podestà indirizzerà il processo verbale delle ricerche, col suo parere, al sotto-prefetto, il quale, entro un termine simile, trasmetterà tutto al prefetto, unendovi parimenti il proprio parere.

Art. 9.° Nel termine di quindici giorni, il prefetto, dopo aver preso il parere dell' ingegnere delle miniere, o, in sua mancanza, dell' ingegnere di ponti, acque e strade, statuirà sulla domanda di autorizzazione.

L' ingegnere indicherà, occorrendo, nel suo parere i vizii di costruzione che potrebbero divenir cause di pericolo, e che provenissero o dalla cattiva qualità dei materiali o dalla forma della caldaia, o dal modo di unione delle sue diverse parti. Se sia possibile, egli indicherà i mezzi di rimediarvi.

Art. 10. La decisione colla quale il prefetto autorizzerà lo stabilimento di una macchina o di una caldaia a vapore indicherà:

1.° Il nome del proprietario;

2.° La pressione massima del vapore, espressa in numero di atmosfere, sotto la quale la macchina o la caldaia dovrà agire, ed i numeri delle marche che saranno state improntate sulla macchina o sulla caldaia, a tenore di quanto viene prescritto più avanti, articolo 19.

3.° La forza della macchina espressa in cavalli;

4.° La forma e la capacità della caldaia;

5. Il diametro delle valvole di sicurezza, il carico di queste valvole;

6.° La natura del combustibile di cui verrà fatto uso;

7.° Il genere d' industria cui servirà la macchina o la caldaia a vapore.

Art. 11. È concesso al petente il ricorso al consiglio di Stato contro la decisione del prefetto che avesse negato di autorizzare lo stabilimento di una macchina o caldaia a vapore.

Se fossero fatte opposizioni all' autorizzazione, gli opponenti potranno produrle dinanzi al consiglio di prefettura contro la decisione del prefetto che avesse accordata l' autorizzazione, salvo ricorso al consiglio di Stato.

Le decisioni del prefetto relative alle condizioni di sicurezza che le macchine o caldaie a vapore devono presentare, non saranno suscettibili di ricorso se non dinanzi al nostro ministro delle pubbliche costruzioni.

Art. 12. Le macchine e caldaie a vapore non potranno essere poste in uso che dopo di aver soddisfatto alle condizioni imposte nella decisione di autorizzazione.

Art. 13. La decisione del prefetto sarà affissa per un mese al sindacato o podesteria del comune, ove trovasi autorizzato lo stabilimento. Inoltre sarà deposta una copia negli archivii del comune; dovrà d' altronde esser data comunicazione di tale decisione ad ogni parte interessata che ne facesse domanda.

SEZIONE II.

Prove delle caldaie e di altri recipienti contenenti vapore.

Art. 14. Le caldaie a vapore, i loro tubi bollitori ed i serbatoi da vapore; i cilindri di ghisa delle macchine a vapore e gl' inviluppi di questi cilindri, non potranno essere posti in uso in uno stabilimento qualunque, senza essere stati prima assoggettati, e com' è prescritto nel titolo primo della presente ordinanza, ad una prova eseguita col mezzo di una tromba di pressione.

Art. 15. La pressione di prova sarà un multiplo della pressione effettiva, o in altri termini, della massima tensione che il vapore potrà avere nelle caldaie e in altri pezzi contenenti vapore, diminuita della pressione esterna dell' atmosfera.

Si procederà alle prove caricando le valvole delle caldaie con pesi proporzionali alla pressione effettiva e determinati dietro la regola indicata nell' articolo 24.

Riguardo agli altri pezzi, il carico di prova sarà applicato sulla valvola della tromba di pressione.

Art. 16. Per le caldaie, pei tubi bollitori e serbatoi di lamiera o di rame laminato, la pressione di prova sarà ***tripla*** della pressione effettiva.

Questa pressione di prova sarà ***quintupla*** per le caldaie e pei tubi bollitori di ghisa.

Art. 17. I cilindri di ghisa delle macchine a vapore, e gl' inviluppi di ghisa di questi cilindri, saranno provati sotto

una pressione *tripla* della pressione effettiva.

Art. 18. La grossezza delle pareti delle caldaie cilindriche di lamiera o di rame laminato, sarà regolata conforme alla tavola n.° 1 annessa alla presente ordinanza.

La grossezza di quelle fra queste caldaie che, per le loro dimensioni e per la pressione del vapore, non si trovassero comprese nella tavola, sarà determinata dietro la regola enunciata di seguito alla detta tavola; nulla ostante questa grossezza non potrà oltrepassare 0^{m},015.

Le grossezze della lamiera dovranno essere aumentate quando si tratti di caldaie formate in parte od in tutto a faccie piane, oppure di condotti interni, cilindrici od altri, che attraversino l' acqua ed il vapore, e che servano, sia di focolari, sia per la circolazione della fiamma. Queste caldaie e questi condotti dovranno essere inoltre, secondo i casi, rinforzate da armature sufficienti.

Art. 19. Dopo che sarà stato verificato aver le pareti delle caldaie di lamiera o di rame laminato le richieste grossezze, e dopo che le caldaie, i tubi bollitori, i serbatoi di vapore, i cilindri di ghisa e gl' inviluppi di ghisa di questi cilindri saranno stati provati, vi saranno improntati dei bolli o marche indicanti il numero di atmosfere, il grado di tensione interna che il vapore non dovrà oltrepassare. Questi bolli saranno posti in modo da esser sempre visibili, dopo di aver messo al posto caldaie e cilindri.

Art. 20. Le caldaie che avranno faccie piane saranno dispensate dalla prova, ma sotto la condizione che la forza elastica o la tensione del vapore non dovrà innalzarsi, nell'interno di queste caldaie, a più di *una atmosfera e mezza*.

Art. 21. La prova sarà ripigliata nello stabilimento in cui le macchine o caldaie debbano essere adoperate: 1.° se il proprietario dello stabilimento la richieda; 2.° se sieno avvenuti durante il trasporto o all'atto del collocamento, guasti notevoli; 3.° se sieno state praticate modificazioni o riparazioni qualsiansi dopo la prova eseguita nella fabbrica.

Sezione III.

Apparecchi di sicurezza dei quali devono esser munite le caldaie a vapore.

§ 1.° *Valvole di sicurezza.*

Art. 22. Verranno applicate alla parte superiore di ciascuna caldaia due valvole di sicurezza, una verso ciascuna estremità della caldaia.

Il diametro degli orifizii di queste valvole sarà regolato dietro la superficie esposta al fuoco della caldaia e la tensione del vapore nel suo interno, conforme alla tavola n.° 2 annessa alla presente ordinanza.

Art. 23. Ciascuna valvola sarà caricata di un peso unico, agente sia in modo diretto, sia mediante una leva.

Ogni peso riceverà l' impronta d' un punzone. Nel caso in cui venisse fatto uso di leve, esse dovranno parimenti essere improntate col punzone. La quantità del peso e la lunghezza delle leve saranno fissate dalla decisione di autorizzazione menzionata all' articolo 10.

Art. 24. Il carico massimo di ciascuna valvola di sicurezza sarà determinato moltiplicando 1^{k},033 pel numero di atmosfere che misura la pressione effettiva, e pel numero di centimetri quadrati che misura l' orifizio della valvola.

La larghezza della superficie anellare di ricoprimento non dovrà oltrepassare la trentesima parte della superficie circolare esposta direttamente alla pressione

del vapore, e questa larghezza in nessun caso dovrà eccedere 0,m02.

§. 2. *Manometri.*

Art. 25. Ogni caldaia a vapore sarà munita d' un manometro a mercurio, graduato in atmosfere ed in frazioni decimali di atmosfera, in modo da far conoscere immediatamente la tensione del vapore nella caldaia.

Il tubo che condurrà il vapore al manometro, sarà adattato direttamente sulla caldaia e non sul tubo di presa del vapore o sopra qualunque altro tubo nel quale il vapore fosse in movimento.

Il manometro sarà posto in vista del fuochista.

Art. 26. Si farà uso del manometro ad aria libera, vale a dire aperto alla sua parte superiore, tutte le volte che la pressione effettiva del vapore non oltrepasserà quattro atmosfere.

Si adoprerà sempre il manometro ad aria libera, qualunque sia la pressione effettiva del vapore per le caldaie menzionate all' articolo 43.

Art. 27. Si traccierà snlla scala di ogni manometro in modo visibile, una linea la quale corrisponderà al numero di questa scala che il mercurio non dovrà oltrepassare.

§. 3. *Alimentazione ed indicatori del livello dell' acqua nelle caldaie.*

Art. 28. Ogni caldaia sarà munita di una tromba d' alimentazione, bene costruita e in buono stato di manutenzione, o di qualunque altro apparecchio alimentatore di effetto sicuro.

Art. 29. Il livello che l' acqua deve avere per solito in ciascuna caldaia sarà indicato, all' esterno, da una linea tracciata in modo visibilissimo sul corpo della caldaia o sull' intonaco del fornello.

Questa linea sarà almeno un decimetro sopra la parte più alta dei fori, tubi o condotti della fiamma e del fumo nel fornello.

Art. 30. Ogni caldaia sarà provveduta d' un *galleggiante d' allarme*, vale a dire che determini l' apertura d' una uscita per la quale il vapore scoppa dalla caldaia con un rumore bastante per avvertire tutte le volte che il livello dell' acqua nella caldaia viene ad abbassarsi di cinque centimetri al dissotto della linea d'acqua, menzionata nell'articolo 29.

Art. 31. La caldaia sarà inoltre munita di uno dei tre apparecchi seguenti: 1.° un galleggiante ordinario d' una sufficiente mobilità; 2.° un tubo indicatore di vetro; 3.° di cannelle a chiave indicatrici convenevolmente poste a differenti livelli. Questi apparecchi indicatori saranno, in ogni caso, disposti in modo da essere visibili al fuochista.

§. 4. *Delle caldaie multiple.*

Art. 32. Se molte caldaie sono destinate ad agire insieme, dovranno esser disposte in modo da poter, occorrendo, esser rese indipendenti le une dalle altre.

Quindi ciascuna caldaia sarà alimentata separatamente, e dovrà esser munita di tutti gli apparecchi di sicurezza prescritti dalla presente ordinanza.

SEZIONE IV.

Del collocamento delle caldaie a vapore.

Art. 33. Le condizioni da adempiere pel collocamento del caldaie a vapore dipendono dalla capacità delle caldaie stesse, compresivi i tubi bollitori, e dalla tensione del vapore.

Gli è per ciò che le caldaie sonu ripartite in quattro categorie.

Si esprimerà in metri cubici la capacità della caldaia co' suoi tubi bollitori, ed in atmosfere la tensione del vapore, e

si moltiplicheranno i due numeri l' uno per l' altro.

Le caldaie saranno della prima categoria quando questo prodotto sarà più grande di 15;

Della seconda, se questo stesso prodotto supera 7 e non ecceda 15;

Della terza, se sia superiore a 3, e non ecceda 7;

Della quarta categoria, se non ecceda 3.

Se molte caldaie devono agire insieme in uno stesso punto, e se esiste fra esse una comunicazione qualunque diretta o indiretta, si prenderà, per formare il prodotto suaccennato, la somma della capacità di queste caldaie, compresavi quella dei loro tubi bollitori.

Art. 34. Le caldaie a vapore comprese nella prima categoria dovranno essere stabilite fuor di qualunque abitato e di qualunque officina.

Art. 35. Nondimeno, per lasciare la facoltà di adoperare nel riscaldamento delle caldaie un calore che altrimenti sarebbe perduto, il prefetto potrà autorizzare lo stabilimento di caldaie della prima categoria nell' interno di una officina che non farà parte di una casa d' abitazione. L' autorizzazione verrà portata a cognizione del nostro ministro delle pubbliche costruzioni.

Art. 36. Tutte le volte che vi saranno meno di 10 metri di distanza fra una caldaia di prima categoria e le case di abitazione o la via pubblica, sarà costruito di buona e solida muratura, un muro di difesa di un metro di grossezza. Le altre dimensioni saranno determinate come vien detto all' articolo 41.

Questo muro di difesa sarà in ogni caso distinto dalla massa di muratura dei fornelli, e ne sarà separato mediante uno spazio libero di $0^m,50$ almeno di larghezza. Esso dovrà parimenti essere separato dai muri intermedii colle case vicine.

Se la caldaia è internata nel suolo, e stabilita in modo che la sua parte superiore sia di 1 metro almeno distante dal suolo, il muro di difesa non sarà d' obbligo se non quando essa si troverà distante a meno di 5 metri dalle case abitate o dalla via pubblica.

Art. 37. Quando una caldaia di prima categoria sarà stabilita in un locale chiuso, questo locale non sarà costruito a vôlta, ma dovrà esser coperto di un tetto leggero, che non avrà verun legame coi tetti delle officine o di altri edifizii contigui, e riposerà sopra un' ossatura di legname particolare.

Art. 38. Le caldaie a vapore comprese nella seconda categoria potranno esser poste nell' interno di una officina, se però questa officina non farà parte di una casa d'abitazione o di una fabbrica a molti piani.

Art. 39. Se le caldaie di questa categoria sono a meno di 5 metri di distanza sia dalle case di abitazione, sia dalla via pubblica, sarà costruito da questo lato un muro di difesa, com' è prescritto all' articolo 36.

Art. 40. Riguardo ai terreni contigui senza fabbricato appartenenti a terzi, se, dopo data l' autorizzazione dal prefetto per lo stabilimento delle caldaie di prima o di seconda categoria, i proprietari di questi terreni fanno fabbricare alle distanze enunciate negli articoli 36 e 39, o se questi terreni vengono ad essere consacrati alla via pubblica, la costruzione dei muri di difesa quali sono descritti qui sopra, potrà, dietro domanda dei proprietarii dei detti terreni, essere imposta al proprietario della caldaia, per decisione del prefetto, salvo ricorso dinanzi al nostro ministro delle pubbliche costruzioni.

Art. 41. L' autorizzazione data dal prefetto, per le caldaie della prima e della seconda categoria, indicherà il sito di collocazione della caldaia e la distanza

alla quale questa caldaia dovrà esser posta rispetto alle abitazioni che appartengono a terzi e rapporto alla via pubblica, e fisserà, occorrendo, la direzione dell' asse della caldaia.

Quest' autorizzazione determinerà la situazione e le dimensioni, in lunghezza ed in altezza, del muro di difesa di 1 metro, quando sarà necessario di stabilir questo muro, in esecuzione degli articoli sopra esposti.

Nel fissare queste dimensioni si avrà riguardo alla capacità della caldaia, al grado di tensione del vapore, ed a tutte le altre circostanze che potranno rendere lo stabilimento della caldaia più o meno pericoloso od incomodo.

Art. 42. Le caldaie di terza categoria potranno altresì esser poste nell' interno di una officina, che non farà parte di una casa di abitazione, ma senza che occorra di erigere il muro di difesa.

Art. 43. Le caldaie di questa categoria potranno esser poste nell' interno di una officina qualunque, anche quando questa officina facesse parte di una casa di abitazione.

In questo caso, le caldaie saranno munite di un manometro ad aria libera, com' è detto all' articolo 26.

Art. 44. I fornelli delle caldaie a vapore comprese nella terza e quarta categoria saranno affatto separati mediante uno spazio vuoto almeno di $0^m,50$ dalle case di abitazione appartenenti a terzi.

Art. 45. Quando le caldaie stabilite nell' interno di una officina o di una casa di abitazione saranno coperte, sulla cupola e sui fianchi, da un inviluppo destinato ad impedire il disperdimento del calore, questo inviluppo sarà costruito di materiali leggieri ; se è di mattoni, la sua grossezza non oltrepasserà 1 decimetro.

TITOLO III.

Disposizioni relative allo stabilimento delle macchine a vapore poste in uso nell' interno delle miniere.

Art. 46. Le macchine a vapore, poste stabilmente nell' interno delle miniere, saranno provedute degli apparecchi di sicurezza prescritti dalla presente ordinanza per le macchine fisse, e dovranno essere state assoggettate alle stesse prove. Esse non potranno venire stabilite che in virtù di autorizzazioni del prefetto rilasciate dietro il rapporto degl' ingegneri delle miniere.

Queste autorizzazioni determineranno le condizioni relative alla collocazione, alla disposizione ed al servizio abituale delle macchine.

TITOLO IV.

Disposizioni relative all' uso delle macchine a vapore locomobili e locomotive.

Sezione I.

Delle macchine locomobili.

Art. 47. Sono riguardate come *locomobili* le macchine a vapore che, potendo esser trasportate facilmente da un luogo all' altro, non richiedono veruna costruzione per agire ad ogni stazione.

Art. 48. Le caldaie ed altri pezzi di queste macchine saranno sottoposti alle prove ed alle condizioni di sicurezza prescritte nelle sezioni II e III del titolo II della presente ordinanza, salvo le eccezioni seguenti per quelle costruite secondo un sistema tubulare.

Le dette caldaie dovranno esser provate sotto una pressione *doppia* della pressione effettiva.

Si potrà, qualunque sia in esse la tensione del vapore, sostituire il manometro

ad aria compressa, od anche un termomanometro, vale a dire un termometro graduato in atmosfere e parti decimalidi atmosfera: le indicazioni di questi strumenti dovranno essere facilmente intese ed in posizione da esser visibili allo scaldatore.

Art. 49. Indipendentemente dalle marche o dai bolli relativi alle condizioni di sicurezza, ogni locomobile porterà una piastra col nome del proprietario.

Art. 50. Nessuna locomobile potrà agire a meno di 100 metri di distanza da qualunque edifizio, senza un' autorizzazione speciale data dal sindaco o podestà del comune. In caso di negativa, la parte interessata potrà ricorrere dinanzi al prefetto.

Art. 51. Se l' uso di una macchina locomobile presenta pericoli, sia per non aver soddisfatto alle condizioni di sicurezza sopra prescritte, sia perchè la macchina non sia stata conservata in buono stato di servizio, il prefetto, dietro il rapporto dell' ingegnere delle miniere, o, in sua mancanza, dell' ingegnere di ponti, acque e strade, potrà sospendere od anche interdire l' uso di quella macchina.

Sezione II.

Delle macchine locomotive.

Art. 52. Le macchine a vapore *locomotive* sono quelle che, cangiando di posto per propria loro forza, servono al trasporto dei viaggiatori, delle merci o dei materiali.

Art. 53. Le disposizioni dell' articolo 48 sono applicabili alle caldaie e ad altri pezzi di queste macchine, salvo l'eccezione annunciata nell' articolo qui appresso.

Art. 54. Le valvole di sicurezza delle macchine locomotive potranno esser caricate col mezzo di molle disposte in modo da far conoscere, in chilogrammi ed in frazioni decimali di chilogramma, la pressione ch'esse eserciteranno sulle valvole.

Art. 55. Nessuna macchina locomotiva potrà esser messa in servigio senza una *licenza di circolazione* rilasciata dal prefetto del dipartimento in cui si troverà il punto di partenza della locomotiva.

Art. 56. La domanda della permissione conterrà le indicazioni comprese sotto i numeri 1 e 3 dell' articolo 5 della presente ordinanza, e farà conoscere, inoltre, il nome imposto alla macchina ed il servizio al quale sarà destinata.

Il nome della locomotiva sarà inciso sopra una piastra fissata nella caldaia.

Art. 57. Il prefetto, dopo di aver sentita l' opinione dell' ingegnere delle miniere, o, in sua mancanza, dell' ingegnere di ponti, acque e strade, rilascierà, se vi ha luogo, la licenza di circolazione.

Art, 58. In questa licenza saranno enunciati:

1.° Il nome della locomotiva ed il servizio cui sarà destinata;

2.° La pressione massima (in numero di atmosfere) del vapore nella caldaia, ed i numeri dei bolli che saranno stati improntati nella caldaia e sui cilindri;

3.° Il diametro delle valvole di sicurezza;

4.° La capacità dalla caldaia;

5.° Il diametro dei cilindri e la corsa degli stantuffi;

6.° Finalmente, il nome del fabbricatore e l' anno della costruzione.

Art. 59. Se una macchina locomotiva non soddisfacesse alle condizioni di sicurezza sopra prescritte, o se non fosse mantenuta in buono stato di servizio, il prefetto, dietro rapporto dell' ingegnere delle miniere, o, in sua mancanza, dell'ingegnere di ponti, acque e strade, potrà sospenderne od anche interdirne l' uso.

Art. 60. Le condizioni alle quali verrà sottoposta la circolazione delle

locomotive e dei convogli, in tuttociò che può riguardare la pubblica sicurezza, saranno determinate da decisioni del prefetto del dipartimento ove sarà situato il luogo di partenza, dopo di aver udito gl' intraprenditori e avuto riguardo tanto ai quaderni de' carichi delle intraprese, quanto alle disposizioni dei regolamenti di pubblica amministrazione relativi alle strade ferrate.

TITOLO V.

Dalla sorveglianza amministrativa delle macchine e caldaie a vapore.

Art. 61. Gl' ingegneri delle miniere, e, in loro mancanza, gl' ingegneri dei ponti, acque e strade, sono incaricati, sotto l' autorità dei prefetti, della sorveglianza delle macchine e delle caldaie a vapore.

Art. 62. Detti ingegneri danno il loro parere sulle domande di autorizzazione di stabilire macchine o caldaie a vapore, e sulle domande di permissione di circolazione riguardanti le macchine locomotive; essi dirigono le prove delle caldaie e degli altri pezzi contenenti il vapore; fanno applicare le marche o bolli comprovanti i risultamenti di queste prove, ed improntare con punzoni i pesi e le leve delle valvole di sicurezza.

Art. 63. Gli stessi ingegneri si assicurano, almeno una volta all'anno, e più spesso quando ne ricevono l' ordine dal prefetto, che tutte le condizioni di sicurezza prescritte vengono esattamente osservate.

Visitano le macchine e le caldaie a vapore; ne verificano lo stato, e provocano la riparazione ed anche la riforma delle caldaie e di altri pezzi, che il lungo uso od un deterioramento accidentale loro facesse riguardare come pericolosi.

Propongono parimenti nuove prove, quando le giudicano indispensabili per assicurarsi che le caldaie e gli altri pezzi conservano una forza di resistenza sufficiente, sia dopo un lungo uso, sia quando vi saranno stati fatti de' cangiamenti o delle riparazioni notevoli.

Art. 64. Le misure indicate nell' articolo precedente sono ordinate, per il caso, dal prefetto, dopo aver udito i proprietari, i quali potranno d' altronde reclamare nuove prove se le giudicassero necessarie.

Art. 65. Quando, in seguito a domande di autorizzazione di stabilire macchine od apparecchi a vapore, gl' ingegneri dei ponti acque e strade avranno emanato per ordine del prefetto, atti del loro ministero della natura di quelli che danno diritto alle allocazioni stabilite dall'articolo 89 del decreto del 18 novembre 1810, e dall' articolo 75 del decreto del 7 fruttidoro anno XII, queste allocazioni saranno fissate e conseguite nelle forme determinate dai detti decreti.

Art. 66. Le autorità incaricate della polizia locale eserciteranno una sorveglianza continua sugli stabilimenti provveduti di macchine o di caldaie a vapore.

TITOLO VI.

Disposizioni generali.

Art. 67. Se, in ragione del modo particolare di costruzione di certe macchine o caldaie a vapore, nell'applicazione di queste macchine o caldaie una parte delle misure di sicurezza prescritte dalla presente ordinanza si trovasse inutile, il prefetto, dietro rapporto degl' ingegneri, potrà autorizzare lo stabilimento di queste macchine e caldaie, assoggettandole a condizioni speciali.

Se, all' incontro, una caldaia o macchina minacciase pericoli di una natura particolare, e dove fosse possibile di prevenirli

con misure che la presente ordinanza non rende obbligatorie, il prefetto, dietro rapporto degl' ingegneri, potrà accordare l'autorizzazione domandata, sot to le condizioni che saranno riconosciute necessarie.

Nell' nno e nell' altro caso, le autorizzazioni date dal prefetto saranno sottoposte all' approvazione del nostro ministro delle pubbliche costruzioni.

Art. 68. Quando una caldaia a vapore fosse alimentata da acque che avessero la proprietà di corrodere in maniera notevole il metallo di questa caldaia, la tensione interna del vapore non dovrà oltrepassare un'atmosfera e mezza, ed il carico delle valvole sarà regolato di conformità. Nondimeno, l'uso delle caldaie contenenti il vapore sotto una tensione più elevata sarà autorizzato, quando la proprietà corrosiva delle acque d'alimentazione sarà distrutta sia con una distillazione preliminare, sia coll'addizione di sostanze neutralizzanti, o con qualunque altro mezzo riconosciuto efficace.

È accordato il termine di un anno, a datare dalla presente ordinanza, ai proprietarii di macchine a vapore alimentate da acque corrosive, per conformarsi alle prescrizioni del presente articolo. Se entro questo termine non vi si saranno conformati, l' uso dei loro apparecchi verrà interdetto dal prefetto.

Art. 69. I proprietarii e capi di stabilimenti veglieranno :

1.° Affinchè le macchine e caldaie a vapore, e tuttociò che ne dipende, siano conservati costantemente in buono stato di servizio ;

2.° Affinchè vi abbia sempre, presso le macchine e caldaie, dei manometri di ricambio, come pure dei tubi indicatori di ricambio, quando questi tubi saranno nel numero degli apparecchi adoperati per indicare il livello dell'acqua nelle caldaie ;

3.° Affinchè le dette macchine e caldaie siano riscaldate, poste in attività e sorvegliate secondo le regole dell' arte.

In conformità alle disposizioni dell'articolo 1384 del Codice civile, essi saranno responsabili degli accidenti e danni risultanti dalla negligenza o dalla incapacità dei loro agenti.

Art. 70. È vietato di far agire le macchine e le caldaie a vapore ad una pressione superiore al grado determinato negli atti di autorizzazione, ed al quale corrisponderanno i bolli di cui queste macchine e caldaie saranno improntate.

Art. 71. In caso di cangiamenti o di riparazioni notevoli praticati alle caldaie o ad altri pezzi soggetti a prove, il proprietario dovrà darne avviso al prefetto, che ordinerà, occorrendo, nuove prove, come è detto agli articoli 63 e 64.

Art. 72. In tutti i casi di prove, gli apparecchi e la mano d' opera verranno forniti dai proprietarii delle macchine e caldaie.

Art. 73. I proprietarii di macchine o di caldaie a vapore autorizzate, saranno obbligati ad adattare alle dette macchine e caldaie gli apparecchi di sicurezza che potranno venire scoperti in seguito, e che fossero prescritti dai regolamenti di pubblica amministrazione.

Art. 74. In caso di contravvenzione alle disposizioni della presente ordinanza, i permissionarii potranno incorrere l' interdizione delle loro macchine o caldaie, senza pregiudizio delle pene, danni ed interessi che fossero pronunciati dai tribunali. Questa interdizione sarà pronunciata con decisioni dei prefetti, salvo ricorso dinanzi al nostro ministro delle pubbliche costruzioni. Tale ricorso non sarà sospensivo.

Art. 75. In caso di accidente, l' autorità incaricata della polizia locale, si trasferirà immediatamente sopra luogo,

ed il processo verbale di tal visita sarà trasmesso al prefetto, e, se occorre, al procuratore regio.

L' ingegnere delle miniere, o, in sua mancanza, l' ingegnere de' ponti, acque e strade, si recherà pure immediatamente sopra luogo, per visitare gli apparecchi a vapore, verificarne lo stato e investigare la causa dell' accidente. Su di tutto indirizzerà un rapporto al prefetto.

In caso di esplosione, i proprietarii di apparecchi a vapore od i luro rappresentanti non dovranno riparare ai guasti, nè cangiar di posto o snaturare i frammenti della caldaia o macchina squarciata, prima della visita e del chiudimento del processo verbale dell' ingegnere.

Art. 76. I proprietarii di stabilimenti ora antorizzati si conformeranno, nel termine di un anno, a datare dalla pubblicazione della presente ordinanza, alle prescrizioni della Sezione III del Titolo II, articoli 22 a 52 inclusivamente.

In quanto alle disposizioni relative al sito di collocamento delle caldaie enunciate nella Sezione IV dello stesso titolo, articoli 33 a 45 inclusivamente, i proprietarii degli stabilimenti esistenti che avranno adempinti tutti gli obblighi prescritti dalle ordinanze 29 ottobre 1823, 1 maggio 1828, 23 settembre 1829 e 23 marzo 1830, sono provvisoriamente dispensati di conformarvisi; nondimeno quando questi stabilimenti fossero una causa di pericolo, il prefetto, dietro rapporto dell' ingegnere delle miniere, o, in sua mancanza, dell' ingegnere di ponti, acque e strade, e dopo aver udito il proprietario dello stabilimento, potrà prescrivere che vengano poste in esecuzione, in tutto od in parte, le misure accennate nella presente ordinanza, in un decorso di tempo il cui termine sarà fissato secondo l' esigenza dei casi.

Art. 77. Sarà pubblicata dal nostro ministro segretario di Stato nel dipartimento delle pubbliche costruzioni una nuova istruzione sulle misure di precauzione abituali da osservare nell'uso delle macchine e delle caldaie a vapore.

Questa istruzione verrà affissa stabilmente nel ricinto delle officine.

Art. 78. Lo stabilimento e la sorveglianza delle macchine e degli apparecchi a vapore che dipendono dai servizii speciali dello Stato sono diretti da disposizioni particolari, salve le condizioni che possono interessare i terzi relativamente alla sicurezza ed alla incomodità, e conformandosi alle prescrizioni del decreto del 15 ottobre 1810.

Art. 79. Le attribuzioni date ai prefetti dei dipartimenti colla presente ordinanza, saranno esercitate dal prefetto di polizia in tutta la estensione del dipartimento della Senna, e nelle comuni di Saint-Cloud, Meudon e Sèvres, del dipartimento di Senna-e-Oise.

Art. 80. Le ordinanze regie del 29 ottobre 1823, 7 maggio 1828, 23 settembre 1829, 25 marzo 1830 e 22 luglio 1839, riguardanti le macchine e le caldaie a vapore sono riferite.

Art. 81. Il nostro ministro segretario di Stato al dipartimento delle pubbliche costruzioni è incaricato dell' esecuzione della presente ordinanza, che sarà inserita nel Bollettino delle leggi.

Fatto nel palazzo delle Tuilerie, il 22 maggio 1843.

TAVOLA n.° 1. — *Delle grossezze che devonsi dare alle caldaie a vapore cilindriche di lamiera a di rame laminato.* (1)

Diametri delle caldaie	Numeri dei bolli che esprimono le tensioni del vapore						
	2 atmosf.	3 atmosf.	4 atmosf.	5 atmosf.	6 atmosf.	7 atmosf.	8 atmosf.
metr.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
0,50	3,90	4,80	5,70	6,60	7,50	8,40	9,30
0,55	3,99	4,98	5,97	6,96	7,95	8,94	9,93
0,60	4,08	5,16	6,24	7,32	8,40	9,48	10,56
0,65	4,17	5,34	6,51	7,68	8,85	10,02	11,19
0,70	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30	10,56	11,82
0,75	4,35	5,70	7,05	8,40	9,75	11,10	12,45
0,80	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20	11,64	13,08
0,85	4,53	6,06	7,59	9,12	10,65	12,18	13,71
0,90	4,62	6,24	7,86	9,48	11,10	12,72	14,34
0,95	4,71	6,42	8,13	9,84	11,55	13,26	14,97
1,00	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,80	15,60

(1) Per ottenere la grossezza da darsi alle caldaie, è d'uopo moltiplicare il diametro della caldaia, espresso in metri e frazioni decimali di metro, per la pressione effettiva del vapore, espressa in atmosfere, e pel numero fisso 18; prendere la decima parte del prodotto così ottenuto ed aggiungervi il numero fisso 3. Il resultato esprimerà, in millimetri ed in frazioni decimali di millimetro, la grossezza ricercata.

TAVOLA n.° 2. — *Per regolare i diametri*

SUPERFICIE delle caldaie esposta al fuoco	NUMERI DEI BOLLI CHE INDIC			
	1 ½ atmosfere	2 atmosfere	2 ½ atmosfere	3 atmosfere
metr. quadr.	centim.	centim.	centim.	centim.
1	2,493	2,063	1,799	1,616
2	3,525	2,918	2,544	2,286
3	4,317	3,573	3,116	2,799
4	4,985	4,126	3,598	3,232
5	5,574	4,613	4,023	3,614
6	6,106	5,054	4,407	3,954
7	6,595	5,458	4,760	4,276
8	7,050	5,835	5,089	4,571
9	7,478	6,189	5,398	4,848
10	7,882	6,524	5,690	5,110
11	8,267	6,843	5,967	5,360
12	8,635	7,147	6,283	5,598
13	8,987	7,439	6,487	5,827
14	9,325	7,720	6,732	6,047
15	9,654	7,990	6,968	6,259
16	9,970	8,253	7,197	6,464
17	10,277	8,506	7,418	6,663
18	10,575	8,753	7,633	6,841
19	10,865	8,993	7,842	7,044
20	11,147	8,227	8,046	7,227
21	11,423	9,454	8,245	7,389
22	11,691	9,677	8,439	7,580
23	11,954	9,894	8,629	7,750
24	12,211	10,107	8,814	7,917
25	12,463	10,316	8,996	8,080
26	12,710	10,520	9,174	8,240
27	12,952	10,720	9,349	8,397
28	13,190	10,917	9,520	8,551
29	13,423	11,110	9,689	8,703
30	13,653	11,300	9855,	8,851

(1) Per determinare i diametri delle valvole di sicurezza, bisogna dividere la superficie della caldaia esposta al fuoco, espressa in metri quadra- ti, pel numero che indica la tensione mas del vapore nella caldaia, preliminarmente dim to del numero 0,412; prendere la radice

darsi agli orificii delle valvole di sicurezza (1).

LE TENSIONI DEL VAPORE					
3 ½ atmosfere	4 atmosfere	4 ½ atmosfere	5 atmosfere	5 ½ atmosfere	6 atmosfere
centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.
1,479	1,372	1,286	1,214	1,152	1,100
2,092	1,941	1,818	1,716	1,630	1,555
2,563	2,377	2,227	2,102	1,996	1,905
2,959	2,745	2,572	2,427	2,305	2,200
3,308	3,069	2,875	2,714	2,578	2,459
3,624	3,362	3,149	2,973	2,823	2,694
3,914	3,631	3,402	3,211	3,045	2,910
4,185	3,882	3,637	3,483	3,260	3,111
4,438	4,117	3,857	3,641	3,458	3,299
4,679	4,340	4,066	3,838	3,645	3,478
4,907	4,552	4,265	4,025	3,823	3,648
5,125	4,754	4,454	4,204	3,993	3,810
5,334	4,949	4,636	4,376	4,156	3,965
5,536	5,138	4,811	4,541	4,312	4,125
5,730	5,316	4,980	4,701	4,464	4,259
5,918	5,490	5,143	4,854	4,610	4,399
6,100	5,659	5,302	5,064	4,752	4,535
6,277	5,823	5,455	5,149	4,890	4,666
6,449	5,982	5,605	5,290	5,024	4,794
6,616	6,138	5,750	5,428	5,154	4,918
2,780	6,289	5,892	5,561	5,282	5,040
6,939	6,437	6,031	6,692	5,406	5,158
7,095	6,582	6,167	5,820	5,527	5,274
7,248	6,723	6,299	5,845	5,646	5,338
7,397	6,862	6,429	6,069	5,763	5,499
7,544	6,998	6,556	6,188	5,877	5,608
7,776	7,132	6,681	6,306	5,989	5,715
7,828	7,262	6,804	6,422	6,099	5,819
7,967	7,391	6,924	6,535	6,207	5,922
8,103	7,517	7,043	6,648	6,313	6,024

lrata del quoziente così ottenuto e moltiplicar-a per 26: il resultato esprimerà in centimetri ed in frazioni decimali di centimetro il diametro cercato.

ISTRUZIONE 22 *luglio* 1843. *Sulle misure abituali di precauzione da osservare nell'uso delle caldaie a vapore stabilmente collocate.*

§. 1.° *Osservazioni generali.*

L'uso delle caldaie a vapore richiede una esatta sorveglianza da parte dei proprietarii di questi apparecchi, precauzioni costanti, ed un' attenzione continua da parte degli scaldatori e dei macchinisti.

Il proprietario non deve affidare la direzione della caldaia che ad operai di una condotta regolare, sobrii, attenti ed esperimentati. È civilmente responsabile delle ammende, danni ed interessi ai quali i suoi operai fossero condannati in caso di contravvenzione.

Lo scaldatore deve conoscere le precauzioni da prendere nella direzione del fuoco, le cure necessarie alla conservazione ed alla buona manutenzione della caldaia, le circostanze che possono indurre pericoli di esplosione, l'uso di ciascuno degli apparecchi di sicurezza di cui la caldaia è provveduta. Quando uno di questi apparecchi viene a sconciarsi, lo scaldatore deve metterlo in ordine, oppure avvertire il proprietario della caldaia, affinchè lo faccia immediatamente cambiare o riparare.

§. 2.° *Del focolare e della direzione del fuoco.*

Il fuoco dev' esser diretto in modo uniforme, affine di evitare un aumento di calore troppo repentino, od un raffreddamento troppo rapido. Nell' uno e nell' altro caso, le parti della caldaia esposte all' azione del fuoco proverebbero dilatazioni ineguali che potrebbero cagionare screpolature o fughe d' acqua tra le lamine di lamiera connesse a mezzo di bullette.

L'attivazione del fuoco non deve dunque essere spinta con troppa vivacità, soprattutto quando il focolare venne affatto raffreddato. Quando il fuoco è giunto al grado di attività convenevole, devesi caricare il combustibile sulla graticola a intervalli regolari e in quantità quasi eguali.

Se la caldaia, per effetto di una interruzione momentanea di lavoro o di qualunque altra causa, deve cessare di somministrar vapore, lo scaldatore chiuderà da prima il registro del camino, ed aprirà subito dopo le porte del focolare.

Se l' interruzione si prolunga, egli dovrà inoltre ritirare il combustibile esistente sopra la graticola. Se, malgrado queste precauzioni, la tensione del vapore aumenta a segno di far alzare le valvole di sicurezza, egli solleverà alquanto una di esse, e la manterrà in questa posizione per dare al vapore una libera uscita, fino a che il numero sia disceso nel manometro, sotto del livello al quale si sostiene abitualmente. Uno scaldatore che in queste circostanze caricasse o sopraccaricasse le valvole per impedire ad esse di aprirsi, esporrebbe la caldaia ad una esplosione, come se ne hanno avuti molti esempii.

Verso la fine della giornata, lo scaldatore, vedendo approssimarsi l' ora in cui la macchina deve definitivamente cessare di agire, diminuirà anticipatamente i carichi del combustibile, in modo da mantenere soltanto il vapore al grado di tensione strettamente necessario, ed a pervenire alla fine della giornata con una piccola quantità di combustibile sulla graticola. Nel momento della sospensione del lavoro, ei coprirà gli ultimi avanzi del combustibile con ceneri, chiuderà in seguito il registro del camino e le porte

del focolare, e non lascierà la caldaia vase non se dopo essersi assicurato che la pressione del vapore indicata dal manometro continua a diminuire. Se per caso restasse, nel momento della sospensione del lavoro, molto combustibile sulla graticola, lo scaldatore dovrebbe ritirarne la maggior parte, colle precauzioni indicate pel caso di una sospensione accidentale prolungata.

All' atto dell' attivazione del fuoco, lo scaldatore comincierà ad aprire il registro del camino, aprirà in seguito le porte del focolare, attizzerà, scoprirà il fuoco e caricherà di nuovo combustibile la graticola.

§. 3.° *Della caldaia.*

Devesi evitare colla maggior cura:

Di spingere la combustione con una attività estrema;

D' alimentare con acque contenenti sostanze capaci di corrodere il metallo della caldaia;

Di lasciare accumularsi dei depositi terrosi, o formarsi dei depositi incrostanti o *tartari* aderenti alle pareti della caldaia.

I costruttori danno alla graticola ed alla superficie esposta al fuoco d' una caldaia delle dimensioni in rapporto colla quantità d' acqua che deve esser ridotta in vapore per ogni ora. Quando l' apparecchio è una volta montato, si cerca talvolta di aumentare la produzione di vapore, spingendo la combustione con una estrema attività. I risultamenti di questa pratica sono sempre: un consumo di combustibile in sproporzione colla quantità d' acqua vaporizzata, e il logoramento rapido delle pareti della caldaia esposte direttamente all' azione del fuoco.

A queste discipline per la sicurezza delle macchine e degli apparecchi a vapore succedette la legge del 15 luglio 1845 sulla *Polizia delle Strade ferrate*, quale, essendo stata posteriormente modificata, ometteremo di riferire, richiamando piuttosto l' attenzione del lettore sopra il seguente interessante Rapporto al re del ministro segretario di Stato e dei pubblici lavori signor Dumon, come quello che, tenendo conto dei risultamenti dell' esperienza, giustifica i motivi della proposta, e diede poi origine all' ordinanza reale del 15 novembre 1846 intorno all' esercizio delle strade-ferrate.

Rapporto al re.

« Sire! Dacchè le strade-ferrate hanno cominciato a naturalizzarsi sul suolo della Francia, l' amministrazione ha dovuto preoccuparsi dei mezzi di prevenire i pericoli che possono derivare da questo nuovo modo di comunicazione. Le strade-ferrate, d' altronde, siano esse concesse o no, fanno parte essenziale del pubblico dominio; non devono esser poste in esercizio che nell' interesse di tutti, e spetta alla pubblica Autorità di regolarne l' uso. Perciò si ebbe cura d' inserire negli atti di concessione una clausola così concepita: Regolamenti di pubblica amministrazione determineranno le misure necessarie per assicurare la polizia, la sicurezza e l' uso delle strade-ferrate e delle costruzioni che ne dipendono.

» Questa disposizione è stata riprodotta in modo generale nella legge dell' 11 giugno 1842, che ha decretato la rete delle grandi linee di strade-ferrate da aprire sul terreno del regno; finalmente, è consacrata nella legge del 15 luglio 1845 sulla polizia delle strade-ferrate: deve dunque esser considerata oggidì come una disposizione di diritto comune applicabile ad ognuna di queste nuove vie di comunicazione.

» Fin qui, tuttavia, Sire, per veruna delle strade-ferrate eseguite in Francia, l'amministrazione superiore non ha provocato i regolamenti d'amministrazione pubblica preveduti dalla legge. L'esperienza era troppo recente perchè fosse possibile di assoggettare alla sanzione di Vostra Maestà le misure relative alla polizia delle strade suddette, e vi fu supplito con regolamenti provvisorii nei quali s'introdussero successivamente le modificazioni che ciascun giorno faceva riconoscere utili o convenienti.

» Ma il tempo progredì: al presente, sia in Francia, sia all'estero, le strade-ferrate in esercizio si moltiplicarono; accidenti, già troppo numerosi, e dei quali taluni sventuratamente furono di rilevante gravità, vennero a rivelare i punti sui quali dovevasi portare di preferenza l'attenzione dell'autorità, ed è giunto il momento di regolare le misure d'ordine e di polizia da osservare sulle medesime. Vengo quindi a sottoporre alla firma di Vostra Maestà il progetto di regolamento generale da me preparato a tale scopo.

» Questo progetto è il frutto di lunghe e laboriose meditazioni: il consiglio dei ponti, acque e strade (sezione delle strade-ferrate), il consiglio di Stato, dopo il consiglio dei ponti acque e strade, vi hanno consacrato numerose sedute e vi hanno introdotto successivamente copiosi miglioramenti; vennero udite le compagnie esercenti: finalmente, prima di fissare una redazione definitiva, mi sono circondato di tutti i lumi, ho consultato l'esperienza degli uomini pratici, e ritengo, dopo tutto ciò, di potere assoggettare con fiducia il progetto qui unito all'approvazione di Vostra Maestà.

» Non devo d'altronde ometter di aggiungere che in quanto concerne le misure relative alla sicurezza della circolazione sulla via delle strade-ferrate, ho trovato le notizie più utili nel lavoro di una commissione che il mio predecessore aveva istituita, dopo la fatale catastrofe dell'8 maggio 1842, per istudiare le questioni relative alle sale delle locomotive e dei carri impiegati nell'esercizio, e per ricercare le misure più proprie a prevenire la ripetizione di sì deplorabili accidenti. Questa commissione, composta in parte d'uomini stranieri all'amministrazione, di costruttori di macchine, d'ingegneri e d'industriali, si è dedicata, con un zelo degno dei maggiori elogii, all'esame di tutte le questioni che riferisconsi all'esercizio delle strade-ferrate, e sono fortunato di qui pagarle il giusto tributo della riconoscenza dell'amministrazione.

» Il progetto di regolamento che ho l'onore di porre sotto gli occhi di Vostra Maestà, dovendo applicarsi a tutte le strade-ferrate, mi fu d'uopo, per quanto è stato possibile, di non attenermi che a principii generali; l'amministrazione superiore regolerà, in ogni caso particolare, le condizioni speciali che potranno esigere le singole circostanze di ciascuna strada. Questo modo era l'unico che potesse conciliarsi colle necessità diverse di ciascun esercizio di strada-ferrata; perciò il consiglio di Stato vi diede la sua approvazione. Egli riconobbe non essere possibile di risolvere, in un regolamento generale, i differenti casi che possono presentarsi, ed essere indispensabile in molte circostanze, di dare all'amministrazione una delegazione speciale. Tal è del pari lo spirito della legge del 15 luglio 1845, che determina delle penalità contro le infrazioni alle risoluzioni dei prefetti prese sotto l'approvazione del ministro dei lavori pubblici.

» Vostra Maestà si degnerà osservare eziandio che in molti articoli, in quelli

sopra tutto che riguardano al reggime ed alle particolarità dell' esercizio, l' amministrazione non dovrà statuire se non sulla proposizione delle compagnie, oppure se non dopo di aver riconosciuta l'insufficienza delle misure da esse adottate. Per la determinazione di queste misure, due partiti potranno essere abbracciati: o specificarle immediatamente nel regolamento, o lasciarne l' iniziativa alle compagnie, deferendo all' amministrazione la cura di sorvegliare e il diritto di decidere e di ordinare. Questo ultimo partito è quello cui credetti dovermi appigliare. Le compagnie sono incaricate direttamente dell' esercizio delle strade-ferrate; esse sono responsabili in faccia al pubblico come in faccia all' amministrazione; hanno il massimo interesse a prevenire gli accidenti, e ad organizzare un servizio che ispiri sicurezza e fiducia. Gli studii giornalieri cui devono dedicarsi a questo scopo, l' esperienza che acquistano tutti i giorni le persone da esse impiegate, le mettono in istato di riconoscere e di verificare i cangiamenti e miglioramenti che è opportuno d' introdurre in questa o quella parte dell' esercizio. L' amministrazione, che sorveglierà i loro atti, che riceverà le loro proposizioni, le approverà o le modificherà, secondo i consigli ed i lumi delle persone che saranno presso di essa per istruirla intorno a queste difficili materie.

» Si comprendono tosto le conseguenze di questo sistema.

» Esso assicura in giusta misura alle compagnie esercenti la libertà di azione ch' è indispensabile di lasciare alle medesime, se vuolsi che la loro responsabità divenga seria e reale.

» Dà accesso alle nuove idee, ai progressi di qualsiasi natura che gli uomini immediatamente preposti alla pratica delle strade-ferrate sono più in istato che ogni altro di concepire e realizzare.

» Finalmente, riserva all'amministrazione pubblica la parte di autorità che deve appartenerle e ch' essa può in tal guisa, illuminata dai doppii consigli della teoria e della pratica, esercitare più utilmente nell' interesse pubblico.

» Dopo di aver posti i principii generali che hanno presieduto alla redazione del regolamento, devo entrare in alcune particolarità rispetto alle parti che lo compongono.

» Esso dividesi naturalmente in altrettanti titoli quanti sono gli oggetti diversi sui quali deve agire la sorveglianza dell' autorità.

» Il primo concerne la via, e quanto vi è attiguo;

» Il secondo, il materiale impiegato nell' esercizio;

» Il terzo indica le condizioni relative alla formazione dei convogli;

» Il quarto concerne la partenza, la circolazione e l' arrivo dei convogli;

» Il quinto comprende tutte le misure d' ordine che le compagnie devono osservare per la esazione delle tasse;

» Il sesto tratta della sorveglianza dell' amministrazione sull'esercizio, e delle diverse categorie di agenti chiamati a concorrere a questa sorveglianza;

» Il settimo definisce le misure che i viaggiatori devono osservare;

» L'ottavo, finalmente, contiene diverse disposizioni che non appartengono specialmente a veruna delle materie sopra indicate.

» Riguardo al I.^{mo} titolo, avrò poco a dire per giustificarne le disposizioni.

» E primieramente, per quanto riguarda le stazioni, basta ricordare ch'esse fanno, come le strade stesse, parte del dominio pubblico, e che per questo titolo l'uso dev'esserne egualmente regolato dalla

superiore amministrazione. Ciò inoltre venne già consacrato da decisioni giudiciarie, le quali hanno pienamente stabilito su questo punto la dottrina che rafforza il regolamento. L'ingresso, la circolazione, la dimora delle vetture pubbliche o private destinate sia al trasporto delle persone, sia al trasporto delle merci, saranno regolati da risoluzioni del prefetto del dipartimento, sotto l'approvazione del ministro de' lavori pubblici. Queste disposizioni saranno idonee a prevenire i conflitti che sorsero più volte tra compagnie ed intraprenditori di vetture pubbliche, che diedero luogo, come ho accennato, a discussioni giudiziarie.

» Per quanto concerne la via e le costruzioni che ne dipendono, evidentemente la scelta del modo di manutenzione dev'esser lasciata alle compagnie, ma esse dovranno far conoscere all'amministrazione le misure che avranno prese; e, nel caso d'insufficienza, l'amministrazione interverrà per prescrivere tutte le disposizioni supplementarie che giudicherà necessarie per la sicurezza della circolazione.

» Le incrociature della via diedero origine talvolta, e soprattutto quando devono esser percorse con grande velocità, a deviazione dalle rotaie; è importante che divengano l'oggetto di una sorveglianza particolare. Se la sorveglianza esercitata dalla compagnia è insufficiente, l'amministrazione avvertita prescriverà immediatamente, a termini dell'articolo 3, le misure cui la campagnia sarà tenuta di conformarsi.

» Se il profilo di una strada-ferrata potesse esser disposto in modo che nell'incontro di tutte le vie di comunicazione, essa passasse o al di sopra o al di sotto di queste vie, l'articolo 4 del regolamento diverrebbe inutile; ma questa condizione non potrebbe essere conseguita senza cagionare immense spese, e su molti punti è d'uopo ammettere che la strada-ferrata passi a livello delle vie pubbliche, ma allora devono essere stabilite delle barriere per guarentire la pubblica sicurezza: la legge sulla polizia delle strade-ferrate ha posto il principio di questo obbligo; il ministro dei lavori pubblici sarà incaricato di regolare per ciascun caso il modo, la guardia e le condizioni del servizio delle barriere.

» Gl'interessi clevati, i viadotti che servono al passaggio di fiumi o di valli profonde, potrebbero dar origine a gravi accidenti, se un'uscita dalle rotaie avesse luogo nel momento in cui i convogli le percorrono; sarebbe lo stesso, riguardo alle parti di strade ferrate situate lungo un fiume od un precipizio. E a prevenire questi accidenti, potrà essere ulteriormente riconosciuto indispensabile di munirle di contro-rotaie. Non devo tuttavia lasciare ignorare a Vostra Maestà che le opinioni sono assai diverse sui vantaggi di questa misura: vi sono pure taluni che riguardano le contro-rotaie come una causa di pericolo. Perciò Vostra Maestà si compiacerà di osservare che la prescrizione dell'articolo 5 non è assoluta, ma subordinata ad una condizione il cui giudizio è rimesso all'esperienza.

» Non mi fermo all'articolo 6, che prescrive l'illuminazione delle stazioni e di quanto vi è attiguo, come pure dei passaggi a livello ove questa misura di precauzione fosse reputata necessaria: qualunque schiarimento a questo riguardo mi sembra superfluo.

» Devesi comprendere facilmente che il materiale di esercizio non esige una sorveglianza meno attenta e meno assidua che le rotaie della strada-ferrata.

» In primo luogo, le macchine locomotive, per quanto riguarda il loro apparecchio motore ed i serbatoi nei quali il

vapore si forma e si accumula, devono essere, come tutti gli apparecchi a vapore, sottoposte a certe prove e ad una sorveglianza continua; queste prove ed il modo di questa sorveglianza sono del resto già regolati dall' ordinanza di Vostra Maestà del 22 maggio 1843, e basta di rammentare su questo punto gli obblighi generali imposti alle compagnie.

» In quanto agli altri elementi delle macchine, alle loro sale, ruote, molle di sospensione e di tiro, e generalmente a tutte le parti che servono alla rapida locomozione, esse dovranno esser l' oggetto dell' esame più severo.

» Ciò che dico delle ruote e delle sale di macchine, posso dirlo ugualmente delle ruote e delle sale dei forgoni e carri di qualunque natura che servono al trasporto dei viaggiatori.

» La rottura d'una sala di locomotiva o di carro originando un' uscita dalle rotaie, può talvolta dar luogo ai più gravi accidenti; è quindi indispensabile da un lato, che le sale delle locomotive e dei carri de' viaggiatori siano composte di ferro battuto di prima qualità, e non vengano ammesse che sotto questa condizione, e, dall' altro lato, che dopo la loro ammissione, siano l' oggetto di una sorveglianza continua. Molte questioni senza dubbio restano ancora da risolvere, per quanto riguarda le sale, sia sulla durata del servizio che possono sostenere, sia sulle alterazioni che possono produrre sulla loro costituzione gli urti e le vibrazioni cui sono soggette nelle strade-ferrate; ma aspettando quanto l' esperienza potrà insegnarci in tale proposito, è d'uopo almeno prescrivere tutte le precauzioni di cui la pratica ha dimostrato l'utilità.

» Gli articoli del titolo II del progetto di regolamento corrispondono a questo grande interesse.

» Credo dover qui dire alcune parole della clausola contenuta nell' articolo II, e dietro la quale le locomotive dovranno esser munite d' apparecchi proprii a fermare i frammenti di coke che cadono dalla graticola, o ad impedire l' uscita delle falavesche pel camino. Lo scopo di questa clausola è facile a comprendere: quando le locomotive sono in movimento, se sono sprovvedute di cinerarii, scappano dal focolare frammenti di coke incandescente che sono slanciati da lungi, e che, venendo ad incontrare alcune materie combustibili, legna, stoppie, cereali, possono appiccarvi fuoco, come se ne sono già veduti parecchi esempii; in pari tempo, a motivo della gran corrente d'aria che, per effetto della rapidità stessa del movimento, si stabilisce dal focolare verso il camino, un gran numero di particelle infuocate sono asportate fuori del tubo, e molte volte queste falavesche hanno cagionato degl' incendii.

» Per fermare i frammenti di coke ch'escono dalla graticola, il solo mezzo conosciuto finora è l' uso d'un cinerario; ma anche questo ha alcuni inconvenienti; e, nella speranza che sarà possibile di travare un mezzo più sicuro, conviene limitarsi a prescrivere l' applicazione di un apparecchio qualunque proprio a raggiungere lo stesso scopo.

» Quanto alle falavesche che scappano dal camino, si conoscono e vengono applicati diversi mezzi per impedirne la uscita, ma nessuno di essi parve finora soddisfacente; dovetti perciò limitarmi a prescrivere l' uso d' un apparecchio proprio ad adempiere l'ufficio sopra indicato.

» Il titolo III, relativo alla composizione dei convogli, contiene molte disposizioni di rilevante importanza.

» Egli è evidente che, divenendo le strade-ferrate in qualche maniera, per le località che attraversano, una via unica

di comunicazione, colla soppressione quasi immediata di qualunque mezzo di trasporto sulle antiche vie parallele, è indispensabile di stabilire la regola generale: che qualunque convoglio ordinario deve contenere un numero sufficiente di carri di qualunque classe. Il pubblico, avvertito delle ore di partenza, deve trovare in queste stesse ore, ed a suo piacimento, mezzi certi di trasporto. Quest' obbligo imposto alle compagnie non può essere contestato; esso deve essere la legge comune delle strade-ferrate: perciò l' abbiamo inscritto in fronte del titolo III. Ma, d' altra parte, si concepisce eziandio che, nell' interesse stesso del pubblico, quest' obbligo può non estendersi a certi convogli, per esempio, ai convogli diretti, che non si fermano nelle stazioni intermedie, o che non si fermano che in un piccolissimo numero di stazioni, e che sono generalmente animati da una velocità la quale non è ancor necessaria a tutte le classi della società. Basta d' altronde, senza dubbio, stabilire la regola generale, e lasciare le eccezioni alla decisione dell' autorità. Tutti gl' interessi sono garantiti ed in tal modo soddisfatti. L' articolo 17 venne compilato in questo senso ed a questo scopo.

» L' articolo 18 determina le condizioni generali da osservare nella composizione di un convoglio, sia di viaggiatori che di merci contemporaneamente; regola implicitamente il numero dei freni dei quali ciascun convoglio dovrà essere munito, lasciando d' altronde al ministro dei lavori pubblici il determinare questo numero per ciascuna strada, avuto riguardo al numero de' carri ed ai pendii della strada stessa; fissa parimenti il numero massimo dei carri di cui un convoglio potrà esser composto in tutti i casi; sopra tutti questi punti l' amministrazione ha cercato di ravvicinarsi per quanto fu possibile a ciò che insegna la pratica delle strade-ferrate poste in esercizio.

» In quanto al numero de' carri, il massimo adottato dal regolamento ha per iscopo di non portare inciampi al servigio, e di non costituire la compagnia in contravvenzione allorquando l' affluenza straordinaria dei viaggiatori, in certi dati giorni, può mettere nell' obbligo di proporzionare il numero dei veicoli ai bisogni momentanei della circolazione. In queste circostanze speciali, il gran numero de' carri in un solo convoglio, può presentare ancor meno d' inconvenienti che il differire la partenza di una parte de' viaggiatori alla successiva corsa, oppure formarne un convoglio supplementario. Finora i regolamenti provvisorii aveano fissato il massimo a trentadue carri: l' attento studio dei fatti ha permesso di ridurlo a ventiquattro. Anche così ridotto, questo numero oltrepassa di molto i bisogni abituali di un esercizio ben regolato, e deve esser ben inteso che esso non sarà la regola comune, ma ben piuttosto l' eccezione. Se fosse altrimenti, se la compagnia esercente per diminuire il numero de' suoi convogli, li componesse in modo da ravvicinarsi troppo spesso a questo limite estremo, l' amministrazione vi vedrebbe la prova che l' organizzazione del servizio non soddisfa ai bisogni della circolazione, ed userebbe del diritto che il regolamento le conferisce, di sorvegliare e di modificare, nel doppio interesse della sicurezza e di un buon esercizio, le misure adottate dalla compagnia. Non bisogna dimenticare neppure che, indipendentemente dal regolamento che dichiara certi fatti in contravvenzione e che li colpisce di penalità, anche all' infuori di qualunque conseguenza funesta, la legge sulla polizia delle strade-ferrate si applica, in caso di accidente, a qualunque fatto di esercizio,

che può costituire una imprudenza, ed essa fa così della responsabilità della compagnia il correttivo della libertà che il regolamento ha dovuto accordarle.

» Alcuni avrebbero desiderato che l'interdizione della doppia locomotiva fosse positiva ed assoluta. Non abbiamo giudicato esserci possibile di aderire a questo voto senza arrecare un gran turbamento nell' esercizio delle strade-ferrate, soprattutto di quelle che avvicinano le grandi città. Vi sono certi casi di affluenza straordinaria in cui, per trasportare tutto il pubblico che si presenta, sarebbe d' uopo di moltiplicare i convogli in modo pericoloso, se non si attaccasse una seconda locomotiva. In altre circostanze, come di gelate, di pioggia, di vento, di salita per un piano acclive, ecc., il soccorso di una seconda locomotiva può divenire indispensabile; inoltre, in questi diversi casi, l' aggiunta della seconda locomotiva può divenire una garanzia per la pubblica sicurezza; una sola difatti non potrebbe imprimere al convoglio la celerità richiesta dalla regolarità del servigio, e questa regolarità è la più essenziale condizione della sicurezza. È necessario d' altronde che non venga fatto abuso della facoltà di eccezione creata dal regolamento, e per mantenere a questo riguardo la compagnia nei limiti che l' amministrazione ha inteso di fissare, propongo di decidere che, in tutti i casi in cui la seconda locomotiva fosse impiegata, la compagnia sia tenuta a far menzione sopra un registro del motivo della misura, della stazione in cui sarà stata giudicata necessaria, e dell' ora di partenza in cui il convoglio avrà lasciata questa stazione.

» L'articolo 21 interdice di far circolare coi viaggiatori le materie che possono dar luogo ad esplosioni o ad incendii. Questa disposizione indispensabile anche sulle strade comuni, lo diventa assai più sopra una strada-ferrata ove trovansi riunite ad un tempo, in certe circostanze, molte centinaia di viaggiatori, ed ove la rapidità del movimento può sviluppare con una spaventevole attività degli incendii, che altrove sarebbero più facili ad estinguere.

» In virtù dell'articolo 22, i carri che entrano nella composizione dei convogli, dovranno esser legati fra loro con mezzi tali di attaccatura che le mazze a molla siano sempre a contatto. Si comprende facilmente l' utilità di questa misura: importa che tutti i carri non formino in qualche modo che un solo corpo, e che nel caso d' una repentina fermata, essi non si precipitino gli uni sugli altri.

» Il secondo paragrafo di questo stesso articolo contiene ugualmente una clausola essenzialissima. Le vetture degl' intraprenditori di spedizioni sono ora ammesse nella composizione dei convogli; ma importa ch' esse siano fermate sui carri piatti in modo solido, e che i carichi siano distribuiti in guisa da non innalzare il centro di gravità della massa. Queste condizioni hanno assai stretta colleganza colla sicurezza del movimento; dobbiam dire non essere esse state finora abbastanza completamente adempiute, perchè non sia necessario di riservare all' amministrazione il diritto di esigere garanzie più sicure.

» Quando il convoglio è in moto, possono manifestarsi diversi sconci, per esempio, una rottura di ruota o di sala o di spranga d' attacco, ch' esigono si fermi immediatamente la macchina; è dunque utile che vi sia fra conduttori preposti alla sorveglianza de' carri ed il macchinista un mezzo di comunicazione facile e sicuro: tale è l' oggetto dell' articolo 23.

» Il titolo IV regola le misure relative

alla partenza, alla circolazione ed all' arrivo dei convogli: questo titolo è molto più importante di tutti gli altri compresi nel presente regolamento. Finora abbiamo indicato le condizioni la cui esatta osservanza deve assicurare il buono stato delle rotaie, la buona costruzione delle macchine e de' carri, ed il modo con cui queste macchine e questi carri devono entrare nella composizione dei convogli; ma nel movimento dei convogli esistono le principali cause degli accidenti; importa quindi di regolare questo movimento nella vista di prevenire gl' incontri, gli urti, le collisioni, che possono dar origine a cotanto deplorabili catastrofi.

» Se i convogli, movendosi in sensi opposti, non seguono le stesse rotaie, o se, muovendosi sulle stesse rotaie, restano sempre ad una certa distanza gli uni dagli altri, mai non si potranno incontrare, ed allora non si avranno a temere gli accidenti che abbiamo avuto già più di una volta a deplorare. Il complesso delle misure comprese nel Capitolo IV tende a realizzare queste condizioni.

» L'articolo 25 conferisce al ministro il potere di regolare, sopra proposta della compagnia, il senso del movimento dei convogli e delle macchine isolate sopra ciascuna via. Ma siccome può accadere che una strada-ferrata non abbia bastante importanza perchè vi si stabiliscano doppie rotaie, in questo caso l' amministrazione determinerà i punti in cui i convogli, correndo in direzioni diverse, dovranno rispettivamente aspettarsi.

» Un regolamento di servizio determinerà le ore di partenza da ciascuna stazione, e mai un convoglio non dovrà partire da una stazione prima dell' ora determinata da questo regolamento. Parimenti non dovrà mai esso partire da una stazione prima che sia decorso, dalla partenza o passaggio del convoglio precedente, il tratto di tempo che sarà stato fissato dal ministro, sopra proposta della compagnia. Saranno posti dei segnali all' ingresso di ciascuna stazione per indicare ai macchinisti i convogli che potessero sopraggiungere, se il tratto di tempo determinato per permettere l'accesso del luogo di stazione autorizzato fosse decorso. Finalmente, nell'intervallo da una stazione ad una vicina, i convogli dovranno sempre tenersi ad una certa distanza gli uni dagli altri, e saranno stabiliti segnali su diversi punti della linea per avvertire il macchinista ed assicurare l' osservanza di questa distanza. È facile il comprendere, che se nessuna infrazione viene commessa di queste regole di precauzione, che fanno l' oggetto dell' articolo 27, e se vi si aggiunge la disposizione inserita nell' articolo 28, la quale, eccetto il caso di forza maggiore e di riparazione della via, non permette l' accesso de' convogli che a' luoghi di stazione autorizzati, si avrà dato alla circolazione sulle strade-ferrate le garanzie più essenziali.

» Le strade-ferrate possono offrire lungo il tragitto dei piani inclinati. Invece di presentare una via a cielo aperto, possono trapassare montagne con gallerie sotterranee. Misure speciali di precauzione sono necessarie su questi punti. L' articolo 29, dà al ministro dei lavori pubblici la facoltà di determinarle sopra proposta della compagnia; gli conferisce ugualmente il diritto di regolare la velocità massima che i convogli possono prendere sulle diverse parti di ciascuna linea, e la durata del tragitto. Queste diverse condizioni hanno per iscopo di assicurare la regolarità del servizio, e la regolarità del servizio è il pegno solido della sicurezza dei viaggiatori.

« Dietro l'articolo 30, le misure speciali da prendere per la spedizione e pel tragitto de' convogli straordinarii, devono essere regolate dal ministro dei lavori pubblici, sopra proposta della compagnia. Questa disposizione è essa sufficiente? non converrebbe egli di proscrivere completamente i convogli straordinarii? Prima di decidermi sopra una questione sì grave, ho consultato gli uomini versati nella pratica delle strade-ferrate; ho cercato di rendermi conto di tutte le circostanze che possono presentarsi nell' esercizio di queste vie di comunicazione; e da questo esame profondo ne risultò per me il convincimento, che, in più di una circostanza, sarebbe dannoso al pubblico il non permettere la spedizione di un convoglio straordinario. Nel punto d' incontro di due linee che si uniscono, ed il cui servizio è organizzato in modo da stabilire una circolazione continua dall' una sull' altra, se il convoglio, venendo da una di queste linee non giunge nel punto d' incrociamento se non dopo l' ora nella quale ha dovuto partire, il convoglio dell'altra linea colla quale corrisponde, in questo caso, un convoglio straordinario è indispensabile, oppure i viaggiatori saranno obbligati ad aspettare spesso molte ore prima di continuare la loro strada; può accadere altresì, che un certo giorno, e per effetto di qualche circostanza impreveduta, si presenti negli uffizii della strada-ferrata un' affluenza straordinaria di viaggiatori: un solo convoglio è insufficiente per trasportarli; bisognerebbe allora far loro subire un ritardo, quasi sempre inconciliabile coi loro affari, se non si prendesse il partito di organizzare un convoglio straordinario: la limitazione del numero dei carri prescritta dall' articolo 17 del regolamento può far nascere da un tempo all' altro questa necessità.

» Bisogna d'altronde notare che in siffatte circostanze, i convogli straordinarii sono veramente senza pericolo, poichè possono essere facilmente annunciati sopra tutta la linea dal convoglio ordinario che li precede. Reputo dunque potersi concedere di non proscrivere un uso adottato sulle strade-ferrate di tutti i paesi. Ma affinchè le compagnie non abusino della facoltà che loro sarebbe lasciata, è prescritto di render conto immediatamente al commissario speciale di polizia del motivo della spedizione del convoglio straordinario. Se questo motivo è insufficiente o mal fondato, il ministro interverrà per ristringere in avvenire, entro più angusti limiti, la facoltà di spedire un convoglio straordinario.

» Gli articoli 31 a 36 determinano le condizioni da adempiere per la trasmissione dei segnali relativi al movimento de' convogli, sia di giorno, sia di notte, sia infine nel caso di riparazione di una delle vie: si spiegano col semplice loro enunciato, e perciò ometterò di occuparmene.

» Ho detto, parlando del titolo I.mo, che gl' incrociamenti e cangiamenti di via o rotaie dovevano esser l' oggetto di una sorveglianza assidua; questa sorveglianza dev' essere più seria ancora quando quest' incrociamenti saranno nell' unione di due linee. In questo caso, è d'uopo, per evitare qualsiasi eventualità di sinistro, che a una certa distanza dall' incrociamento, il macchinista rallenti il moto della macchina e si metta in istato di fermarlo completamente, se le circostanze lo esigessero (art. 37).

» Il terzo paragrafo dallo stesso articolo 37, ha per iscopo di prevenire la ripetizione di una specie d'accidenti dei quali si potrebbero citare diversi esempii. È avvenuto talvolta che macchinisti inabili o negligenti, all' ingresso delle stazioni,

non fermarono per tempo le macchine che guidano; queste macchine sono allora dirette violentemente contro gli urtatoi che terminano il luogo di discesa, e questi urti possono cagionare gravi ferite. Tali inconvenienti più non sono a temere dal momento in cui la macchina sia completamente fermata prima del punto in cui i viaggiatori devono discendere, e devo aggiungere che questa regola si osserva oggidì sulle strade-ferrate bene servite.

» Non insisterò sulle disposizioni degli articoli 38 a 41. Queste disposizioni sono già poste in esecuzione sulla maggior parte delle strade-ferrate in attività, e si può considerarle come consacrate dalla pratica.

» L'articolo 42 prescrive la tenuta dei registri sui quali saranno menzionati i ritardi di qualche importanza nella corsa de' convogli. L' attento esame di questi registri, che saranno presentati, ad ogni inchiesta, agli agenti dell' amministrazione, li metteranno in grado di valutare il modo con cui si compie il servigio su ciascuna linea ferrata, e di rimediare alle imperfezioni che venissero a scoprirsi in questo servizio.

» L' articolo 43, che è relativo all'organizzazione del servizio dei convogli sulle strade-ferrate, al numero ed alle ore di partenza di questi convogli, merita un' attenzione particolare.

» In primo luogo, la sicurezza pubblica è interessata nello stabilimento delle ore di partenza dei convogli che devono succedersi sulla via; bisogna che queste ore siano combinate in modo che non mai i convogli, sia di viaggiatori, sia di merci, possano raggiungersi ed urtarsi.

» D'altra parte, il servizio della strada-ferrata dev' essere organizzato in guisa che, ogni giorno, le persone che hanno da percorrerla sieno sicure di trovare i mezzi di trasporto che loro sono stati promessi; è d'uopo che, ogni giorno, le compagnie forniscano al pubblico, in ciascun senso e ad ore di partenza comode, un numero di convogli in rapporto col numero de' viaggiatori che circolano e colla importanza delle relazioni stabilite. Le compagnie, senza dubbio, sono il più delle volte i migliori giudici dei bisogni del pubblico a questo riguardo, ma talora possono ingannarsi nella loro valutazione, ed il governo deve avere il diritto di provvedere a ciò che questa valutazione può offrire di erroneo e d' incompleto. Una compagnia, per esempio, può talvolta cercare, per viste di economia di concentrare la circolazione in un troppo piccolo numero di convogli giornalieri; essa può adottare ore di partenza e di arrivo che mal si combinino, e che anche si combinino in modo pericoloso colle ore di partenza e di arrivo delle strade di ramificazione o di prolungamento. In questi diversi casi, e in tutti gli altri che possono presentarsi, il diritto come il dovere dell' amministrazione è di prendere e di ordinare le modificazioni che giudicasse necessarie alla sicurezza della circolazione ed ai bisogni del pubblico.

» Il titolo V ha per oggetto le misure relative alla esazione delle tasse; queste misure hanno attinenza alle questioni più delicate fra quelle che sorgono dall' esercizio delle strade-ferrate col mezzo di compagnie.

» I quaderni de' carichi delle concessioni non possono e non devono fissare che prezzi elementari, prezzi-limiti. Le compagnie possono abbassare al di sotto dei massimi autorizzati le tasse che chiedono al pubblico; esse stabiliscono, dietro le basi così regolate, il prezzo totale da riscuotere pel trasporto dei viaggiatori, dei bestiami o merci, sia sulla distanza totale, sia sui tragitti intermedii.

» Ma, in massima, nessuna tassa, di qualunque natura essa sia, non può essere riscossa che in virtù di un atto dell'autorità superiore; è dunque necessario primieramente che innanzi di cominciare il loro servizio di pieno esercizio, le compagnie facciano approvare dall'amministrazione i quadri de' prezzi che intendono di riscuotere. Questa formalità è d'altronde indispensabile, attesochè dietro i quaderni de' carichi, gli abbassamenti di prezzo acconsentiti dalle compagnie devono essere conservati per un certo tempo, ed un atto della autorità può solo fissare il momento a datare dal quale questo termine dovrebbe decorrere.

» Vostra Maestà osserverà tuttavia che il secondo §. dell'articolo 44 contiene un'eccezione per le strade-ferrate le cui concessioni sono anteriori al 1835; per queste strade, i quaderni de' carichi non tracciano alcuna regola per l'applicazione delle tasse; alcuni anche non contengono veruna tariffa pel trasporto delle persone; havvi dunque luogo a completarle ed a regolarizzare le tasse attualmente riscosse. È accordato un termine a questo effetto fino al primo di aprile 1847.

» In secondo luogo, non è stato possibile di enunciare nella tariffa legale tutti gli oggetti ai quali le tasse devono applicarsi, nè di regolare di seguito le tasse accessorie che possono essere dovute alla compagnia pei servigii prestati al pubblico fuori del trasporto propriamente detto. Queste diverse tasse devono essere stabilite, a mano a mano che il bisogno se ne fa sentire, dall'amministrazione superiore, intesa la compagnia. Gli articoli 45 a 49 inclusivamente ricordano le disposizioni alle quali le compagnie dovranno essere tenute a conformarsi, nel loro stesso interesse. Il pubblico infatti è sempre disposto a reclamare contro i prezzi che gli si chieggono, quando non è convinto che si ha diritto di domandarglieli: qualunque reclamo cadrà da sè stesso quando la compagnia potrà giustificarsi a mezzo di una decisione regolare dell'autorità.

» L'articolo 50 prescrive le misure di ordine necessarie per assicurare agli speditori l'eguaglianza nell'applicazione delle tariffe. Questa eguaglianza è una delle principali prescrizioni dei quaderni dei carichi. Le strade-ferrate sono vie di monopolio; con esse, qualunque concorrenza è generalmente impossibile, e d'allora l'eguaglianza nell'applicazione delle tariffe è la più indispensabile delle obbligazioni delle compagnie che ne tengono l'esercizio. Senza questa eguaglianza non havvi più sicurezza pel commercio e per l'industria, non più certezza nelle transazioni. L'amministrazione pubblica deve dunque vegliare, per quanto sta in lei, alla fedele osservanza della regola suesposta; e le misure indicate all'articolo 50 guarentiscono a questo riguardo la sicurezza.

» Il titolo VI ha per iscopo principale di definire i diversi ordini di agenti col mezzo dei quali l'amministrazione pubblica deve esercitare la sua sorveglianza sull'esercizio delle strade-ferrate.

» La definizione delle attribuzioni conferite agl'ingegneri dei ponti, acque e strade, agl'ingegneri delle miniere ed ai commissarii speciali di polizia, non possono dar luogo a veruna obbiezione, e passerò oltre. Non avrò dunque ad entrare in alcuni sviluppi che riguardo alle attribuzioni conferite dal progetto ai regi commissarii.

» Farò notare da prima che l'istituzione di questi commissarii è ora prescritta da tutti i quaderni dei carichi delle strade ferrate recentemente concedute; non può dunque sorgere alcun contrasto sul principio stesso di questa istituzione; e qui

non ho ad esaminare che la questione delle attribuzioni che possono loro esser conferite.

» Mi è sembrato che i regi commissarii dovessero avere per missione speciale di sorvegliare l' esercizio commerciale ed industriale delle strade-ferrate, d' invigilare sul modo secondo il quale le compagnie applicano le tariffe che sono autorizzate a riscuotere, e d' istruire l' amministrazione su tutte le infrazioni al principio della eguaglianza delle tasse.

» Posti costantemente presso le compagnie, i regi commissarii sentiranno i lagni del pubblico sui metodi tenuti da queste compagnie, e ne istruiranno l' amministrazione superiore; comproveranno il movimento giornaliero della circolazione, e raccoglieranno così elementi utilissimi onde valutare l' organizzazione del servizio delle compagnie.

» Finalmente, in tutti i casi in cui lo stato sarà legato da qualche contratto avente per oggetto di accordare il concorso finanziario dello Stato, saranno incaricati di sorvegliare l'azienda della compagnia, ed allora, in ciascun caso particolare, un regolamento speciale verrà a definire le loro attribuzioni.

» L'articolo 6u ha per oggetto di assicurare l' esecuzione di una clausola dei quaderni de' carichi, dietro la quale i regolamenti di servizio interno, che fanno le compagnie, devono esser approvati dal ministro de' pubblici lavori.

» Dopo aver definito gli obblighi che devono adempiere le compagnie, bisognava determinare colla stessa cura le condizioni alle quali devono sottomettersi, sia i viaggiatori, sia tutte le altre persone straniere al servigio della strada-ferrata; queste condizioni fanno l' oggetto del titolo VII del regolamento, e credo che pel momento soddisfacciano a tutte le necessità rivelate finora dall' esperienza. Il loro solo testo ne spiega d' altronde lo scopo e la portata, e mi sembra inutile di entrare a tale riguardo in più minuti particolari.

» Il titolo VIII contiene diverse disposizioni che, per la loro specialità o generalità, non potevano trovar posto in veruno dei titoli di cui finora m' intrattenni a spiegare i diversi articoli.

» La maggior parte di queste disposizioni non hanno bisogno di verun commentario, e quanto alle altre basteranno corte spiegazioni per farne comprendere lo scopo.

» Vostra Maestà ha potuto osservare che, fra le misure di sicurezza prescritte dal presente regolamento, ve n' ha di quelle che non saranno definitivamente fissate dal ministro, se non dopo d'aver interpellate le compagnie. Si comprende poi che, se le compagnie tardassero a sottomettere le loro proposizioni, potrebbesi in tal modo inceppare indefinitamente l' applicazione del regolamento; laonde torna indispensabile fissar loro un termine, passato il quale il ministro possa statuire direttamente. Questo è l' oggetto dell' articolo 69.

» Dietro l'articolo 70, i gridatori, venditori o distributori di oggetti qualunque non possono esser ammessi ad esercitare la loro professione nei cortili, nelle stazioni e sale di aspettazione, se non in virtù di un' autorizzazione del prefetto. Questa disposizione è la conseguenza del principio enunciato di già nell' articolo 1 del regolamento, cioè che i cortili e le stazioni di una strada ferrata fanno, come la strada stessa, parte del dominio pubblico, e che appartiene solo all' autorità amministrativa di regolarne l' uso.

» L' articolo 71 autorizza il governo a centralizzare nelle mani di un solo prefetto, in tutto od in parte, la sorveglianza dell' esercizio di una strada-ferrata.

Questa centralizzazione sarà necessaria almeno per una parte della sorveglianza. È impossibile, per esempio, che il ricevimento, l' esame di confronto delle macchine e dei carri che servono ai trasporti, siano affidati a molte autorità ; è parimenti difficile che tutte le misure relative al movimento, alla corsa dei convogli, ai segnali di sicurezza, siano divise e ripartite fra tutti i prefetti dei dipartimenti attraversati. Finalmente, la verificazione delle tasse che una compagnia si propone di riscuotere su tutta l' estensione della linea da essa posta in esercizio, può, senza inconveniente, esser ridotta ad un centro unico. È ben inteso che la centralizzazione di cui si tratta, non possa applicarsi che alla parte puramente amministrativa della sorveglianza, e che tutto ciò che può aver attinenza alla giurisdizione dei prefetti o dei consigli di prefettura, e ai diritti dei terzi non è contemplato da questa disposizione del regolamento.

» L'articolo 72 conferisce al prefetto di polizia, nella estensione della sua giurisdizione, definita dalla decisione del 3 brumaio anno IX, le attribuzioni date dal regolamento ai prefetti dei dipartimenti attraversati dalla strada ferrata.

» L' articolo 73 dispone che ogni e qualunque agente impiegato sopra una strada-ferrata indossi un uniforme, o porti un segno distintivo. Importa infatti che il pubblico riconosca facilmente le persone alle quali deve indirizzarsi, od alle ingiunzioni delle quali deve acconciarsi.

» In virtù dello stesso articolo, i cantonieri, guarda-barriere e sorveglianti potranno essere armati di sciabola.

» L' articolo 74 esige dai macchinisti conduttori di convogli la comprovazione di certe condizioni di capacità. Non havvi bisogno, senza dubbio, d' insistere lungamente sull' utilità di questa clausola : un macchinista tiene nelle sue mani la vita di molte centinaia di persone ; è quindi indispensabile aver pieno argomento di fiducia in uomini sui quali pesa una sì grave responsabilità.

» Il regolamento, d' altronde, non richiede pei conduttori di locomotive se non ciò che fu giudicato necessario pei macchinisti posti a bordo dei battelli a vapore ; la posizione degli uni e degli altri, se non una intera somiglianza, ha per lo meno una grandissima analogia.

» Finalmente, l' articolo 75 obbliga le compagnie a tener in pronto, in certe stazioni, i medicamenti ed i carri di soccorso necessari in caso di accidenti. Oggimai questa misura è applicata sopra molte strade-ferrate, ed è dimostrata utilissima. Si comprende in fatti quanto sia utile il poter dare, in caso d' accidente, pronti soccorsi a' feriti, e ciò sarebbe impossibile, se non fossero pronti, e nei luoghi molto vicini al sito dell' accidente, i mezzi di somministrare i primi soccorsi.

» Ho percorso, Sire, in questo rapporto la serie delle numerose disposizioni che mi è sembrato necessario di rendere obbligatorie per l' esercizio delle strade ferrate. La esperienza e l'osservazione forniranno, senza verun dubbio, insegnamenti e lumi, che ci permettano più tardi di rettificare e completare queste disposizioni. Tengo fiducia che tali quali le propongono a Vostra Maestà per l' approvazione, potranno prevenire, se saranno esattamente osservate, la riproduzione dei tristi accidenti, che sventuratamente abbiamo avuto più d' una volta a deplorare.

Dietro a tale proposta del ministro dei pubblici lavori, e dopo sentito il consiglio di Stato, S. M. R. Luigi Filippo, nel 15 novembre 1846 intorno alla Polizia, sicurezza ed esercizio delle Strade-Ferrate. ebbe ad approvare il seguente:

Regolamento.

TITOLO I.

DELLE STAZIONI E DELLE ROTAIE DELLE STRADE-FERRATE.

Sezione I.

Delle stazioni.

Art. 1. L'ingresso, lo stazionamento e la circolazione delle vetture pubbliche o private, destinate sia al trasporto delle persone, sia al trasporto delle merci, nelle corti dipendenti dalle stazioni delle strade-ferrate, saranno regolate mediante decisioni del prefetto del dipartimento. Queste decisioni non saranno eseeutorie se non in virtù dell'approvazione del ministro dei pubblici lavori.

Sezione II.

Delle rotaie.

Art. 2. La strada-ferrata e le costruzioni che ne dipendono saranno costantemente mantenute in buono stato.

La compagnia dovrà far conoscere al ministro dei pubblici lavori le misure che avrà prese per questa manutenzione.

Nei casi in cui queste misure fossero insufficienti, il ministro dei pubblici lavori, dopo aver inteso la compagnia, prescriverà quelle che giudicherà necessarie.

Art. 3. Verranno posti, ovunque sarà bisogno, guardiani in numero sufficiente per assicurare la sorveglianza e la manovra degli aghi degli incrociamenti e cangiamenti di rotaie; in caso d'insufficienza, il numero di questi guardiani sarà fissato dal ministro dei pubblici lavori, intesa la compagnia.

Art. 4. Ovunque una strada-ferrata viene attraversata a livello, sia da una strada a vetture, sia da una strada destinata al passaggio dei pedoni, saranno stabilite delle barriere.

Il modo, la guardia e le condizioni di servizio delle barriere stesse saranno regolati dal ministro dei pubblici lavori, sopra proposta delle compagnia.

Art. 5. Se lo stabilimento delle contro-rotaie è giudicato necessario nell'interesse della pubblica sicurezza, la compagnia sarà tenuta di applicarne sui punti che saranno indicati dal ministro dei pubblici lavori.

Art. 6. Tosto dopo il tramonto del sole e fin dopo il passaggio dell'ultimo convoglio, le stazioni e luoghi attigui dovranno essere illuminati.

Lo stesso sarà dei passaggi a livello pei quali l'amministrazione giudicherà necessaria questa misura.

TITOLO II.

DEL MATERIALE IMPIEGATO NELL'ESERCIZIO.

Art. 7. Le macchine locomotive non potranno esser messe in servizio che in virtù dell'autorizzazione dell'amministrazione, e dopo essere state assoggettate a tutte le prove prescritte dai vigenti regolamenti.

Quando, per effetto di deterioramento o per qualunque altra causa, sarà stata pronunziata l'interdizione d'una macchina, questa macchina non potrà esser rimessa in servigio che in virtù d'una nuova autorizzazione.

Art. 8. Le sale delle locomotive, dei forgoni e dei carri di qualunque specie, che entrano nella composizione dei convogli di viaggiatori od in quella dei convogli misti di viaggiatori e di merci che vanno a grande velocità, dovranno essere di ferro battuto di prima qualità.

Art. 9. Saranno tenuti registri di servigio per tutte le locomotive. Questi registri

dovranno essere tenuti costantemente in giornata, e indicare all' articolo di ciascuna macchina la data del giorno in cui quella fu posta in servizio, il lavoro che essa ha compiuto, le riparazioni o modificazioni che ha ricevute, ed il rinnovamento de' suoi diversi pezzi.

Saranno tenuti inoltre, per le sale delle locomotive, forgoni e carri di qualunque specie, registri speciali, sui quali, a lato del numero d'ordine di ciascuna sala, saranno inscritti: la sua provenienza, la data del giorno in cui fu posta in servizio, la prova che può aver subita, il suo lavoro, i suoi accidenti e le sue riparazioni; a tal effetto, il numero d' ordine sarà impresso a punzone sopra ciascuna sala.

I registri menzionati nei due §§ antecedenti saranno presentati, a qualunque richiesta, agl' ingegneri ed agenti incaricati della sorveglianza del materiale o dell' esercizio.

Art. 10. È vietato di porre in un convoglio che comprende carri di viaggiatori, veruna locomotiva, forgone od altro carro di qualunque natura, montati sopra ruote di ghisa.

Tuttavia il ministro de' pubblici lavori potrà, per eccezione, autorizzare l' uso di ruote di ghisa cerchiate di ferro nei convogli misti di viaggiatori e di merci, e che vanno colla velocità di 25 chilometri al più per ora.

Art. 11. Le locomotive dovranno essere provvedute di apparecchi aventi per oggetto di trattenere i frammenti di coke che cadono dalla graticola, e d' impedire l' uscita delle faville dal camino.

Art. 12. I carri destinati al trasporto dei viaggiatori saranno di solida costruzione; dovranno esser comodi e provveduti di quanto è necessario alla sicurezza dei viaggiatori.

Le dimensioni del posto attribuito a ciascun viaggiatore dovranno essere di 45 centimetri almeno in larghezza, 65 centimetri in profondità ed 1 metro 45 centimetri in altezza; questa disposizione sarà applicata alle strade-ferrate esistenti, entro un intervallo di tempo che sarà stabilito per ciascuna strada dal ministro dei pubblici lavori.

Art. 13. Nessun carro pei viaggiatori verrà posto in servizio senza un' autorizzazione del prefetto data sopra il rapporto d' una commissione, comprovante che il carro soddisfa alle condizioni dell' articolo precedente.

L' autorizzazione di esser messo in servizio non avrà effetto, se non dopo che la stampiglia prescritta per le vetture pubbliche dall' articolo 116 della legge del 25 marzo 1817 sarà stata rilasciata dal direttore delle contribuzioni indirette.

Art. 14. Qualunque carro di viaggiatori porterà nell' interno l' indicazione apparente del numero dei posti.

Art. 15. Le locomotive, i forgoni e carri di qualunque specie dovranno portare: (1.°) il nome o le iniziali del nome della strada-ferrata alla quale appartengono; (2.°) un numero d'ordine. I carri dei viaggiatori porteranno inoltre la stampiglia rilasciata dall' amministrazione delle contribuzioni indirette. Queste diverse indicazioni saranno poste in modo visibile sulla cassa o sui lati del telaio.

Art. 16. Le macchine locomotive, i forgoni e carri di qualunque specie e tutto il materiale di esercizio, saranno costantemente mantenuti in buono stato di manutenzione.

La compagnia dovrà far conoscere al ministro dei pubblici lavori le misure da essa adottate a questo riguardo, e, in caso d' insufficienza, il ministro, dopo aver interpellato la compagnia, prescriverà le disposizioni che giudicherà necessarie alla sicurezza della circolazione.

TITOLO III.

DELLA COMPOSIZIONE DEI CONVOGLI.

Art. 17. Qualunque convoglio ordinario di viaggiatori dovrà contenere, in numero sufficiente, carri di ogni classe, a meno di un' autorizzazione speciale del ministro dei pubblici lavori.

Art. 18. Ogni convoglio di viaggiatori dovrà esser accompagnato:

(1.°) Da un macchinista e da uno scaldatore (fuochista) per macchina: lo scaldatore dovrà esser capace di fermare la macchina in caso di bisogno;

(2.°) Dal numero di conduttori guarda-freni, che sarà determinato per ciascuna strada secondo i pendii e secondo il numero de' carri, dal ministro de' pubblici lavori, sopra proposta della compagnia.

Sull' ultimo carro di ciascun convoglio o sopra uno de' carri posti di dietro, vi sarà sempre un freno ed un conduttore incaricato di manovrarlo.

Quando vi saranno molti conduttori in un convoglio, uno fra loro dovrà sempre aver autorità sugli altri.

Un convoglio di viaggiatori non potrà venir composto di oltre ventiquattro carri a quattro ruote. Se nella composizione del convoglio v' entrano carri a sei ruote, il massimo numero dei carri sarà determinato dal ministro.

Le disposizioni dei §§ precedenti sono applicabili ai convogli misti di viaggiatori e di merci.

In quanto ai convogli di merci che trasportano in pari tempo viaggiatori e merci, e che non vanno colla velocità ordinaria de' viaggiatori, le misure speciali e le condizioni di sicurezza alle quali dovranno essere assoggettati, saranno determinate dal ministro sopra proposta della compagnia.

Art. 19. Le locomotive dovranno essere alla testa de' convogli.

Non potrà esser derogato a questa disposizione che per le manovre da eseguire nei dinturni delle stazioni, o pel caso di soccorso. In questi casi speciali, la velocità non dovrà oltrepassare 25 chilometri per ora.

Art. 20. I convogli di viaggiatori non dovranno essere rimorchiati che da una sola locomotiva, salvo i casi in cui l' impiego d' una macchina di rinforzo divenisse necessario, sia per la salita d' una rampata di forte inclinazione, sia per effetto di un' affluenza straordinaria di viaggiatori, dello stato dell' atmosfera, di un accidente o di un ritardo che richiedano l' impiego di soccorso, o di qualunque altro caso analogo o speciale preliminarmente determinato dal ministro de' pubblici lavori.

In ogni caso, è interdetto di attaccare simultaneamente più di due locomotive ad un convoglio di viaggiatori.

La macchina posta in testa dovrà regolare la corsa del convoglio.

Dovranno sempre esservi in testa di ciascun convoglio tra il furgone ed il primo carro de' viaggiatori, altrettanti carri che portano viaggiatori, quante saranno le locomotive attaccate.

In tutti i casi in cui verrà attaccata più d' una locomotiva ad un convoglio ne sarà fatta menzione sopra un registro a ciò destinato, colla indicazione del motivo della misura, della stazione in cui essa sarà stata giudicata necessaria, e dell' ora nella quale il convoglio avrà lasciata quella stazione.

Questo registro verrà presentato, a qualunque richiesta, ai fonzionarii ed agenti della pubblica commissione incaricati della sorveglianza dell' esercizio.

Art. 21. È vietato di ammettere nei convogli che portano viaggiatori, veruna

materia che possa dar luogo sia ad esplosioni, sia ad incendii.

Art. 22. I carri che entrano nella composizione dei convogli dei viaggiatori saranno legati fra loro da mezzi d' attacco tali, che le mazze a molla di questi carri siano sempre a contatto.

Le vetture degl' intraprenditori di spedizioni non potranno essere ammesse nella composizione dei convogli, che dietro la autorizzazione del ministro de' pubblici lavori, e mediante le condizioni indicate nell' atto di autorizzazione.

Art. 23. I conduttori guarda-freni saranno posti in comunicazione col macchinista, per dare in caso d' accidente, il segnale d' allarme, con quel tal mezzo che sarà autorizzato dal ministro de' pubblici lavori, sopra proposta della compagnia.

Art. 24. I convogli dovranno esser illuminati esteriormente durante la notte. In caso d' insufficienza del sistema d' illuminazione, il ministro de' pubblici lavori prescriverà, intesa la compagnia, le disposizioni che giudicherà necessarie.

I carri chiusi, destinati ai viaggiatori, dovranno essere illuminati internamente durante la notte, e nel passaggio dei sotterranei, che saranno indicati dal ministro.

TITOLO IV.

DELLA PARTENZA, DELLA CIRCOLAZIONE E DELL' ARRIVO DEI CONVOGLI.

Art. 25. Per ogni strada-ferrata, il ministro de' pubblici lavori determinerà, sopra proposta della compagnia, il senso del movimento dei convogli e delle macchine isolate su ciascuna via, quando vi sono molte rotaie, o i punti d' incrociamento quando le rotaie sono uniche.

Non potrà esser derogato, sotto verun pretesto, alle disposizioni che saranno state prescritte dal ministro, se non nel caso in cui la via fosse intercettata, ed in questo caso il cangiamento dovrà essar fatto colle precauzioni indicate nell' articolo 34 qui appresso.

Art. 26. Prima della partenza del convoglio, il macchinista si accerterà se tutte le parti della locomotiva e del forgone sieno in buon stato, se il freno del forgone agisca convenientemente.

La stessa verificazione sarà fatta dai conduttori guarda-freni in quantò concerne i carri ed i freni di questi carri.

Il segnale della partenza non sarà dato se non quando le portiere saranno chiuse.

Il convoglio non dovrà esser messo in moto se non dopo il segnale della partenza.

Art. 27. Nessun convoglio potrà partire da una stazione prima dell' ora determinata dal regolamento di servizio.

Nessun convoglio potrà parimenti partire da una stazione prima che sia decorso, dalla partenza o dal passaggio del convoglio precedente, il tratto di tempo che sarà stato fissato dal ministro de' pubblici lavori, sopra proposta della compagnia.

All' ingresso della stazione saranno posti segnali, per indicare ai macchinisti dei convogli che potessero sopraggiongere se il tratto di tempo determinato in virtù del § precedente fosse decorso.

Nell' intervallo delle stazioni, saranno stabiliti segnali, a fine di dare lo stesso avvertimento al macchinista sui punti in cui non può vedere dinanzi a sè ad una distanza sufficiente. Dacchè gli sarà dato l' avvertimento, il macchinista dovrà rallentare il movimento del convoglio. In caso d' insufficienza dei segnali stabiliti dalla compagnia, il ministro prescriverà, intesa la compagnia, lo stabilimento di quelli che giudicherà necessarii.

Art. 28. Salvo il caso di forza maggiore o di riparazione delle rotaie, i convogli non potranno fermarsi che ne' luoghi

di stazionamento autorizzati pel servizio dei viaggiatori o delle merci.

Le locomotive ed i carri non potranno stazionare sulle rotaie delle strade-ferrate destinate alla circolazione dei convogli.

Art. 29. Il ministro de' pubblici lavori determinerà, sopra proposta della compagnia, le misure speciali di precauzione relative alla circolazione dei convogli sui piani inclinati e nei sotterranei a semplici o doppie rotaie, in ragione della loro lunghezza e del loro tracciato.

Determinerà parimenti, sopra proposta della compagnia, la velocità massima che i convogli dei viaggiatori potranno assumere sulle diverse parti di ciascuna linea e la durata del tragitto.

Art. 30. Il ministro de' pubblici lavori prescriverà, sopra proposta della compagnia, le misure speciali di precauzione da prendere per la spedizione ed il movimento de' convogli straordinarii.

Dacchè la spedizione di un convoglio straordinario sarà stata decisa, dovrà esserne fatta immediatamente dichiarazione al commissario speciale di polizia, con indicazione del motivo della spedizione del convoglio e dell' ora della partenza.

Art. 31. Saranno posti lungo la strada, durante il giorno e durante la notte, sia per la manutenzione, sia per la sorveglianza della via che delle rotaie, agenti in numero bastantemente copioso per assicurare la libera circolazione dei convogli e la trasmissione dei segnali; in caso d' insufficienza, il ministro de' pubblici lavori ne regolerà il numero, intesa la compagnia.

Questi agenti saranno provveduti di segnali di giorno e di notte, col mezzo de' quali annuncieranno se la via è libera ed in buono stato, se il macchinista debba rallentare il suo movimento, o se debba fermare immediatamente il convoglio.

Art. 32. Nel caso in cui sia un convoglio, sia una macchina isolata si fermasse sulle rotaie per causa d' accidente, il segnale di fermata indicato nell' articolo precedente dovrà esser fatto a 500 metri almeno all' indietro.

I conduttori principali dei convogli e i macchinisti conduttori delle macchine isolate dovranno esser muniti d' un segnale di fermata.

Art. 33. Allorquando officine di riparazione saranno stabilite sopra una via, de' segnali dovranno indicare se lo stato della via non permetta il passaggio dei convogli, o se basti rallentare il moto della macchina.

Art. 34. Quando, per effetto di un accidente, di riparazione, o di qualunque altra causa, la circolazione dovrà effettuarsi momentaneamente sopra una via, una guardia dovrà esser posta presso agli aghi di ciascuna eccentrica.

Le guardie non lascieranno impegnarsi i convogli nella via unica riservata alla circolazione, se non dopo essersi accertati che non saranno incontrati da un convoglio proveniente da un lato opposto.

Sarà data cognizione al commissario speciale di polizia del segnale o dell' ordine di servizio adottato per assicurare la circolazione sulla via unica.

Art. 35. La compagnia sarà tenuta a far conoscere al ministro de' pubblici lavori il sistema di segnali da essa adottati o che si propone di adottare pei casi preveduti dal presente titolo. Il ministro prescriverà le modificazioni che giudicherà necessarie.

Art. 36. Il macchinista dovrà dirigere costantemente la sua attenzione sullo stato della via, fermare o rallentare il movimento in caso d' ostacoli, secondo le circostanze, e conformarsi ai segnali che gli saranno trasmessi; sorveglierà tutte le parti della macchina, la tensione del vapore, ed il livello dell'acqua nella caldaia.

vegliera affinchè nulla imbarazzi il maneggio del freno del forgone.

Art. 37. A 500 metri almeno prima di giungere al ponto in cui una linea di ramificazione viene ad incrociare la linea principale, il macchinista dovrà moderare la velocità di tal modo che il convoglio possa esser completamente fermato prima di ragginngere quell' incrociamento, se le circostanze lo richieggano.

Nel punto di diramazione sopra indicato, dei segnali dovranno indicare il senso nel quale son posti gli aghi.

All' approssimarsi alle stazioni d' arrivo, il macchinista dovrà dare le disposizioni convenevoli affinchè la velocità acquistata dal convoglio sia completamente estinta prima del punto in cui i viaggiatori devono scendere, e di tal modo che sia necessario di rimettere la macchina in azione per raggiungere quel punto.

Art. 38. Nell' accostarsi alle stazioni, ai passaggi del livello, alle curve, alle trincee ed ai sotterranei, il macchinista dovrà far agire il fischietto a vapore per avvertire dell'approssimarsi del convoglio.

Farà uso pure del fischietto come mezzo d' avviso, tutte le volte che le rotaie non gli sembreranno completamente libere.

Art. 39. Nessun altro fuori del macchinista e dello scaldatore potrà salire sulla locomotiva o sul forgone, a meno di un permesso speciale e scritto dal direttore dell' esercizio della strada-ferrata.

Sono eccettuati da questo divieto gli ingegneri di ponti, acque e strade, gl' ingegneri delle miniere incaricati della sorveglianza, ed i commissarii speciali di polizia. Tuttavia questi ultimi dovranno rimettere al capo della stazione od al conduttore principale del convoglio una inchiesta o scritta o motivata.

Art. 40. Macchine dette di soccorso o di riserva dovranno essere mantenute costantemente accese e pronte a partire dai punti di ciascuna linea che saranno indicati dal ministro de' pubblici lavori, sopra proposta della compagnia.

Le regole relative al servizio di queste macchine saranno egualmente determinate dal ministro, sopra proposta della compagnia.

Art. 41. Vi saranno costantemente, nei luoghi di deposito, delle macchine, un carro carico di tutti gli attrezzi ed ordigni necessarii in caso d' accidente.

Ogni convoglio dovrà d'altronde esser munito degli ordigni più indispensabili.

Art. 42. Nelle stazioni che saranno indicate dal ministro de' pubblici lavori, saranno tenuti registri sui quali verrà fatta menzione dei ritardi eccedenti 10 minuti pei tragitti la cui lunghezza è inferiore a 50 chilometri, e 15 minuti pei tragitti di 50 chilometri ed altre. Questi registri indicheranno la natura e la composizione dei convogli, i nomi delle locomotive che gli hanno rimorchiati, le ore di partenza e di arrivo, la causa e la durata del ritardo.

Questi registri saranno presentati, a qualunque richiesta, agl' ingegneri, funzionarii ed agenti della pubblica amministrazione incaricati della sorveglianza del materiale e dell' esercizio.

Art. 43. Affissi posti nelle stazioni faranno conoscere al pubblico le ore di partenza dei convogli ordinarii d' ogni sorte, le stazioni che devono percorrere, le ore alle quali devono giungere a ciascuna delle stazioni e partirne.

Quindici giorni almeno prima di esser messi in esecuzione, questi ordini di servizio saranno comunicati in pari tempo ai commissarii regii, al prefetto del dipartimento ed al ministro de' pubblici lavori, che potrà prescrivere le modificazioni necessarie per la sicurezza della circolazione o pei bisogni del pubblico.

TITOLO V.

DELLA ESAZIONE DELLE TASSE E DELLE SPESE ACCESSORIE.

Art. 44. Nessuna tassa, di qualunque natura essa sia, potrà esser riscossa dalla compagnia, se non in virtù di una omologazione del ministro de' pubblici lavori.

Le tasse riscosse attualmente sulle strade-ferrate, le cui concessioni sono anteriori al 1835 e che non sono ancora regolarizzate, dovranno esserlo innanzi il 1.° aprile 1847.

Art. 45. Per l'esecuzione del § 1.° dell'articolo che precede, la compagnia dovrà compilare un quadro dei prezzi ch'essa ha intenzione di fissare, nel limite massimo autorizzato dal quaderno degl' incarichi pel trasporto de' viaggiatori, de' bestiami, merci ed oggetti diversi, e trasmetterne in pari tempo degli esemplari al ministro de' pubblici lavori, ai prefetti dei dipartimenti attraversati dalla strada-ferrata ed ai commissari regi.

Art. 46. La compagnia dovrà inoltre, nel più corto termine, o nelle forme enunciate dall'articolo precedente, sottoporre le sue proposizioni dei pubblici lavori pei prezzi di trasporto non determinati dal quaderno de' carichi, e riguardo ai quali il ministro è chiamato a statuire.

Art. 47. In quanto alle spese accessorie, come quelle di carico, scarico e di magazzinaggio nei luoghi di stazionamento e nei magazzini della strada-ferrata, e in quanto a tutte le tasse che devono essere regolate annualmente, la compagnia dovrà sottoporre la liquidazione all'approvazione del ministro de' pubblici lavori, nel decimo mese di ciascon anno. Fino a nuova decisione, continueranno ad esser riscuotere le vecchie tariffe.

Art. 48. I quadri delle tasse e spese accessorie approvati saranno costantemente affissi nei luoghi più visibili delle fermate e stazioni delle strade-ferrate.

Art. 49. Quando la compagnia vuol introdurre alcuni cambiamenti nei prezzi autorizzati, ne darà notizia al ministro de' pubblici lavori, ai prefetti dei dipartimenti attraversati, ed ai regii commissarii.

Il pubblico sarà in pari tempo informato con affissi dei cangiamenti sottomessi all'approvazione del ministro.

Sullo spirar del mese, a partire dalla data dell'affisso, le dette tasse potranno esser riscosse, se, in questo intervallo, il ministro de' pubblici lavori le ha omologate.

Se venissero prescritte dal ministro delle modificazioni a taluno de' prezzi affissi, i prezzi modificati dovranno esser affissi di nuovo, e non ne potrà esser attivata la esazione che un mese dopo la data di questi affissi.

Art. 50. La compagnia sarà tenuta ad effettuare con cura, esattezza e celerità, e senza brighe di favore, i trasporti di merci, bestiami ed oggetti di qualunque natura che le verranno affidati.

A mano a mano che i colli, i bestiami od oggetti qualunque giungeranno alla strada-ferrata, ne sarà fatta immediatamente registrazione, menzionando il prezzo totale dovuto pel trasporto. Il trasporto si effettuerà secondo l'ordine delle iscrizioni, a meno di termini chiesti ed acconsentiti dallo speditore, e che saranno menzionati nel registro.

Una bolletta di ricevuta dovrà esser rilasciata allo speditore, se la chiede, senza pregiudizio, se vi ha luogo, della lettera di vettura. La bolletta di ricevuta enuncierà la natura ed il peso dei colli; il prezzo totale del trasporto, ed il termine entro il quale il trasporto dovrà esser effettuato.

I registri menzionati nel presente

articolo saranno presentati a qualunque richiesta dei funzionarii ed agenti incaricati di vegliare all' esecuzione del presente regolamento.

TITOLO VI.

della sorveglianza dell' esercizio.

Art. 51. La sorveglianza dell' esercizio delle strade-ferrate s'eserciterà in concorso :

Dai regii commissarii ;

Dagl' ingegneri dei ponti, acqua e strade, dagl' ingegneri delle miniere, e dai conduttori, dalle guardie delle miniere ed altri agenti sotto i loro ordini ;

Dai commissarii speciali di polizia, e dagli agenti sotto i loro ordini.

Art. 52. I regii commissarii saranno incaricati :

Di sorvegliare il modo di applicazione delle tariffe approvate, e l'esecuzione delle misure prescritte pel ricevimento e registro de' colli, il loro trasporto e la relativa rimessa ai destinatarii ;

Di vegliare all' esecuzione delle misure approvate o prescritte affinchè il servigio dei trasporti non sia interrotto nei punti estremi delle linee in comunicazione l'una coll' altra ;

Di verificare le condizioni dei contratti avvenuti fra le compagnie e le imprese di trasporto per terra o per acqua in corrispondenza colle strade-ferrate, e d' indicare ogn' infrazione al principio della uguaglianza delle tasse.

Di comprovare il movimento della circolazione dei viaggiatori e delle merci sulle strade-ferrate, le spese di manutenzione e di esercizio, e gl' introiti.

Art. 53. Per l' esecuzione dell' articolo suddetto, le compagnie saranno tenute di presentare, ad ogni richiesta, ai regi commissarii i loro registri delle spese e

degl' introiti, ed i registri menzionati di sopra all' articolo 50.

Art. 54. Riguardo alle strade-ferrate per le quali le compagnie avessero ottenuto dallo Stato sia un prestito con interesse privilegiato, sia la garanzia d' un minimo d'interesse, o per le quali lo Stato dovrebbe entrare in divisione dei prodotti netti, i regii commissarii eserciteranno tutte le altre attribuzioni che saranno determinate dai regolamenti speciali nell' intervenire in ciascun caso particolare.

Art. 55. Gl' ingegneri, i conduttori ed altri agenti dei ponti acque e strade saranno specialmente incaricati di sorvegliare lo stato della via ferrata, dei lavori di terra e di arte, e delle cinte.

Art. 56. Gl' ingegneri delle miniere, le guardie di miniera ed altri agenti del servizio delle miniere saranno specialmente incaricati di sorvegliare lo stato delle macchine fisse e locomotive impiegate nel rimorchio dei convogli, ed in generale di qualunque materiale girevole che serve all' esercizio.

Potranno esser suppliti dagl' ingegneri, conduttori ed altri agenti del servizio di ponti acque e strade, e viceversa.

Art. 57. I commissarii speciali di polizia e gli agenti sotto i loro ordini sono incaricati particolarmente di sorvegliare la composizione, la partenza, l' arrivo, il movimento e le fermate dei convogli, l' ingresso, lo stazionamento, e la circolazione delle vetture nei cortili e nelle stazioni, l' ammissione del pubblico nelle sale di aspettazione e sui marcia-piedi delle strade-ferrate.

Art 58. Le compagnie sono tenute a fornire locali convenevoli pei commissarii speciali di polizia e gli agenti di sorveglianza.

Art. 59. Tutte le volte che avverrà un accidente sulla strada-ferrata, ne sarà

fatta immediatamente dichiarazione alla autorità locale ed al commissario speciale di polizia, alla diligenza del capo di convoglio. Il prefetto del dipartimento, l'ingegnere dei ponti, acque e strade e l'ingegnere delle miniere incaricati della sorveglianza ed il regio commissario, ne saranno immediatamente informati a cura della compagnia.

Art. 60. Le compagnie dovranno sottoporre all'approvazione del ministro dei pubblici lavori i loro regolamenti relativi al servizio ed all'esercizio delle strade-ferrate.

TITOLO VII.

MISURE CONCERNENTI I VIAGGIATORI E LE PERSONE STRANIERE AL SERVIZIO DELLA STRADA-FERRATA.

Art, 61. È vietato a qualunque persona straniera al servizio della strada-ferrata:

(1.°) D'introdursi nel ricinto della strada-ferrata, di circolarvi o stazionarvi;

(2.°) Di gettarvi o deporvi alcuni materiali od oggetti qualunque;

(3.°) D'introdurvi cavalli, bestiami od animali di qualsisia specie;

(4.°) Di farvi circolare o stazionare delle vetture, carri o macchine straniere al servizio.

Art. 62. Sono eccettuati dal divieto portato dal primo paragrafo dell'articolo precedente, i podestà ed aggiunti, i commissarii di polizia, gli ufficiali di gendarmeria; i gendarmi ed altri agenti della forza pubblica; i preposti alle dogane, alle contribuzioni indirette ed ai dazii; le guardie campestri e forestali, nell'esercizio delle loro fonzioni, e rivestiti dei loro uniformi o delle loro insegne.

In tutti i casi, i funzionarii e gli agenti indicati nel paragrafo precedente saranno tenuti a conformarsi alle misure speciali di precauzione che saranno state determinate dal ministro, intesa la compagnia.

Art. 63. È vietato:

(1.°) Di entrare ne' carri senz'aver preso un biglietto, e di porsi in un carro d'una classe diversa da quella indicata nel biglietto.

(2.°) D'entrare ne' carri o d'uscirne altrimenti che per la portiera che sta di fronte al lato esterno della linea della strada-ferrata;

(3.°) Di passare da un carro all'altro, d'inclinarsi al di fuori.

I viaggiatori non devono uscire dai carri che nelle stazioni, e quando il convoglio è completamente fermato.

È vietato di fumare ne' carri o sui carri e nelle stanze di aspettazione; tuttavia verso dimanda della compagnia, e mediante misure speciali di precauzione, potranno essere autorizzate delle derogazioni a questa disposizione.

I viaggiatori sono tenuti di piegarsi alle inginnzioni degli agenti della compagnia, coll'osservanza delle disposizioni menzionate ai paragrafi qui sopra.

Art. 64. È interdetto di ammettere ne' carri più viaggiatori che non comporti il numero de' posti indicato, conforme all'articolo 14 qui sopra.

Art. 65. L'ingresso de' carri è interdetto:

(1.°) A qualunque persona in istato di ubbriachezza;

(2.°) Ad ogni individuo che porti armi da fuoco cariche, o pacchetti che per la loro natura, il loro volume od il loro odore, potrebbero molestare o incomodare i viaggiatori.

Qualunque individuo che porta un'arma da fuoco, dovrà prima della sua ammissione sui lastricati di carico, comprovare che la sua arma non è carica.

Art. 66. Le persone che vorranno

spedire merci della natura di quelle menzionate all'articolo 21, dovranno dichiararlo al momento in cui le recheranno nelle stazioni della strada-ferrata.

Misure speciali di precauzione saranno prescritte, occorrendo, pel trasporto delle dette merci, intesa la compagnia.

Art. 67. Nessun cane sarà ammesso ne' carri che servono al trasporto dei viaggiatori; tuttavia, la compagnia potrà porre in carri speciali i viaggiatori che non volessero separarsi dai loro cani, purchè questi animali abbiano la museruola, in qualunque si sia stagione.

Art. 68. I cantonieri, guarda-barriere ed altri agenti della strada-ferrata dovranno far uscire immediatamente qualunque persona si fosse introdotta nel ricinto della strada-ferrata, od in qualsisia parte delle sue dipendenze ove non avessero il diritto di entrare.

In caso di resistenza da parte dei contravventori, qualunque impiegato della strada-ferrata potrà richiedere l'assistenza degli agenti dell'amministrazione e della forza pubblica.

I cavalli o bestiami abbandonati, che saranno trovati nel ricinto della strada-ferrata, saranno presi e messi in deposito.

TITOLO VIII.

DISPOSIZIONI DIVERSE.

Art. 69. I tutti i casi in cui, conforme alle disposizioni del presente regolamento, il ministro dei pubblici lavori dovesse statuire sulla proposta d'una compagnia, la compagnia sarà obbligata di sottoporgli questa proposta nel termine che egli avrà determinato; in mancanza di che il ministro potrà statuire direttamente.

Se il ministro creda esservi luogo di modificare la proposta della compagnia, dovrà, salvo i casi di urgenza, sentire la compagnia stessa prima di prescrivere le modificazioni.

Art. 70. Nessun gridatore, venditore o distributore d'oggetti qualunque potrà esser ammesso dalle compagnie ad esercitare la sua professione nei cortili o fabbricati delle stazioni e nelle sale di aspettazione destinate ai viaggiatori, che in virtù di un'autorizzazione speciale del prefetto del dipartimento.

Art. 71. Quando una strada-ferrata attraversa molti dipartimenti, la attribuzioni conferite ai prefetti dal presente regolamento potranno esser centralizzate in tutto od in parte nelle mani di uno dei prefetti dei dipartimenti attraversati.

Art. 72. Le attribuzioni date ai prefetti dei dipartimenti dalla presente ordinanza saranno, conforme alla Risoluzione del 3 brumaio anno IX, esercitate dal prefetto di polizia in tutta la estensione del dipartimento della Senna, e nelle comuni di Saint-Cloud, Meudon e Sèvres, dipartimento di Senna-e-Oise.

Art. 73. Ogni agente impiegato sulle strade-ferrate indosserà un uniforme o porterà un segno distintivo; i cantonieri, guarda-barriere e sorveglianti potranno esser armati di una sciabola.

Art. 74. Nessuno potrà essere impiegato in qualità di macchinista conduttore di convoglio, se non produca certificati di capacità rilasciati nelle forme che saranno determinate dal ministro de' pubblici lavori.

Art. 75. Nelle stazioni indicate dal ministro, le compagnie serberanno medicine e mezzi di soccorso necessari in caso di accidente.

Art. 76. Verrà tenuto in ciascuna stazione un registro firmato e segnato a Parigi dal prefetto di polizia; altrove dal podestà del luogo, il quale sarà destinato a ricevere i reclami dei viaggiatori che

avessero dei lagni a fare, sia contro la compagnia, sia contro i suoi agenti.

Questo registro sarà presentato a qualunque richiesta dei viaggiatori.

Art. 77. I registri menzionati agli articoli precedenti 9, 20 a 42 saranno firmati e segnati dal commissario di polizia.

Art. 78. Saranno affissi costantemente degli esemplari del presente regolamento alla diligenza delle compagnia, negli atrii degli ufficii delle strade-ferrate, e nelle stanze di aspettaziona.

Il conduttore principale d' un convoglio in movimento dovrà parimenti esser munito di un esemplare dal regolamento.

Ne saranno rilasciati alcuni estratti, ciascuno per ciò che lo riguarda, ai macchinisti, scaldatori, guarda-freni, cantonieri, guarda-barriere, ed altri agenti impiegati sulla strada-ferrata.

Per le regole da osservarsi dai viaggiatori duranta il tragitto, dovranno esserne affissi gli estratti sopra ciascuna cassa del carro.

Art. 79. Saranno comprovate, invigilata e represse, conforme al titolo III della legge del 15 loglio 1845 sulla polizia delle strade-ferrate, le contravvenzioni al presenta regolamento, alle decisioni emanata dal ministro de' pubblici lavori, ed alle decisioni prese, sotto la sua approvazione, dai prefetti, per l' esecuzione del detto regolamento.

Art. 80. Il nostro ministro segretario di stato de' pubblici lavori è incaricato della esecuzione della presente ordinanza, che sarà inserita nel Bollettino delle leggi.

A far conoscere più evidentemente l' andamento d' un' arte, o la riuscita di un sistema qualunque, non è, secondo noi, miglior modo di quello di raffrontarne le singole applicazioni in due epoche diverse, vale a dire dopo scorso il periodo di alcuni anni. Hassi allora una specie di storia in azione che illumina assai meglio delle parole intorno al progresso conseguito od al regresso incorso. Con questo di più che se le dette applicazioni sieno state fatte da popoli d' indole e di costumi differenti, si acquista nel tempo stesso una norma che può servire di lezione per ulteriori perfezionamenti in applicazioni future: lo che è, o dovrebbe essera appunto il precipuo uffizio della storia.

A questo effetto dopo aver riportate alla lettera le discipline adottate dalla Francia fino al 1846, per guarentigia delle caldaie a vapore, e per l' esercizio delle strade-ferrate, trascriveremo adesso quelle stabilite nella Monarchia Austriaca fino al 1854.

ORDINANZA *del ministero Austriaco 11 febbraio 1854 intorno alle misure di sicurezza per le caldaie a vapore.*

§. 1. Prima che una caldaia destinata a produrre il vapore possa essere messa in uso a tale oggetto, per una macchina a vapora stazionaria o mobile, di alta o bassa pressione, per un battello a vapore, per una locomotiva, od in generale per qualunque altro scopo, essa deve aver subito la prescritta prova a cura dell' autorità, ed essere stata in seguito alla medesima, riconosciuta ufficialmenta atta all' uso che se n' intende di fare.

Tanto il fabbricatore di una caldaia a vapore (calderaio, meccanico, ecc.), quanto colui pel quale essa viene fabbricata (proprietario), sono risponsabili che non si faccia uso della caldaia stessa prima che abbia subito la prescritta prova, e sia stata riconosciuta dall' autorità per atta al suo scopo.

In conseguenza, il fabbricatore o proprietario della caldaia a vapore sarà tenuto, prima ancora che sia immurata o circondata di un rivestimento di domandare

con istanza scritta alla Luogotenenza del Dominio in cui essa si trova, che si faccia luogo alla prova legale, dovendo contemporaneamente indicarsi nella istanza a quale massima tensione abbia a portarsi il vapore nella caldaia, allorchè se ne fa uso.

§. 2. Nel regolamento sull' esercizio delle strade-ferrate si determina in quanto le locomotive destinate a tale esercizio debbano, prima di esser poste in opera, assoggettarsi, oltre alla prova della caldaia, anche ad una corsa di prova.

§. 3. Ogni caldaia a vapore dev' essere formata di lamiera di ferro o di rame.

È proibito assolutamente l' uso di caldaie o di tubi bollitori di ferro fuso.

§. 4. Trattandosi di caldaie a vapore di forma cilindrica, la parete o la lamiera dovrà essere della grossezza necessaria a misura del diametro e della tensione del vapore da generarsi, come risulta dall'annessa Tabella I.

Le caldaie a vapore, o le loro parti che hanno una forma diversa dalla cilindrica, dovranno rafforzarsi convenientemente con anelli, coste, chiavi, pironi di sostegno, ecc., ecc.

La Commissione di prova giudicherà di caso in caso, se e per quale tensione di vapore la costruzione usata offra la necessaria sicurezza.

A questo scopo, il fabbricatore di una tale caldaia a vapore è tenuto di presentare alla Commissione di prova, sopra sua richiesta, un disegno dettagliato, esatto e fedele di tutte le parti della caldaia, o di somministrarle gli altri dati ch' essa domandasse.

§. 5. Ogni caldaia a vapore dev' essere munita di almeno due valvole e di un conveniente manometro.

La grandezza delle valvole e l' apertura occorrente per le medesime risultano dalla Tabella II.

La grandezza delle valvole indicata in questa Tabella può bensì aumentarsi, ma non mai diminuirsi.

§. 6. Le valvole di sicurezza, siano esse a base piana o conica, non possono avere una superficie di contatto colla loro base, maggiore di 2 1/2 a 3 linee; cioè al più di 1/4 di pollice. Così pure le coste regolatrici, quando ve ne siano (di solito in numero di tre), devono avere una grossezza non maggiore di 2 1/2 a tre linee, e devono essere rastremate in alto (vedi il disegno, fig. 2 della Tabella III), allo scopo di permettere la necessaria uscita del vapore, tostochè si alza la valvola. Per lo stesso motivo anche il nucleo *(n)* nella figura 2 della Tabella III, in cui si concentrano le coste regolatrici, non dev' essere di soverchia grossezza, per non restringere la prescritta apertura della valvola; altrimenti bisognerebbe avere speciale riguardo a questa circostanza nel determinare il diametro della valvola.

La rastremazione della parte appoggiante in forma conica si ottiene il più opportunamente ad un angolo di 45 gradi.

§. 7. Nella costruzione della valvola, secondo la figura 3 della Tabella III, l'incavo conico *(a)* praticato in alto nel mezzo della valvola per ricevere l' appoggio *E* non troppo corto (della leva), dee sprofondarsi a segno che l' estremità venga a trovarsi almeno nella linea di mezzo *(m-n)*, all'oggetto che la valvola non venga compressa obbliquamente allorchè si carica di pesi. Per l' egual motivo, il nucleo *(b)* dell' appoggio dee posare soltanto sulla estremità e non toccare la superficie conica. Se la valvola viene caricata di un peso che si sospende entro la caldaia (come alla figura 4 della Tabella III), il congegno dev' esser tale che i canali del vapore non vengano ristretti allorchè si apre la valvola.

§. 8. Le valvole che per essere state limate più volte, allo scopo di riattarle,

hanno acquistato una forma cilindrica al di sotto della superficie conica (a, u della figura 5 nella Tabella III) non sono permesse.

§. 9. Il manometro applicato alla caldaia a vapore può essere a mercurio ed aperto in alto, oppure anche un manometro di metallo o ad indice di riconosciuta bontà, sulla cui divisione esatta dovrà peraltro rivolgersi un' attenzione speciale.

§. 10. Le caldaie a vapore di ogni forma o costruzione si provano pel doppio della pressione medesima che deve esercitarsi dal vapore, facendosene uso ad una pressione maggiore di quella media della atmosfera.

La pressione media di un' atmosfera si calcola qui in ragione di 12 3/4 di libbra per ogni pollice quadrato.

§. 11. In conseguenza, allorchè si fa uso della caldaia, le valvole di sicurezza possono essere caricate al più colla metà del peso, per cui la caldaia venne provata.

§. 12. Se la valvola è caricata non già direttamente, ma col mezzo di una leva a cui sta attaccato un peso, in tale caso, allorchè si fa uso della caldaia, questa leva dev' essere disposta in modo che il peso attaccato o di compressione non possa essere spinto oltre l' estremo punto della leva, che fu permesso, e calcolato all'atto della prova.

§. 13. Non è più permesso nè per locomotive, nè per altre caldaie a vapore di tener compressa la valvola col mezzo delle usate molle doppie piatte.

§. 14. L' applicazione delle bilancie a molla, in luogo dei pesi con cui si carica la valvola, viene limitata alle locomotive pel servigio delle strade-ferrate.

Queste bilance o molla devono essere costrutte in modo tale che, raggiuntasi appena dal vapore la massima tensione stabilita, non abbiano ad opporsi all'aprimento ed alzamento delle valvole di sicurezza più di quanto è necessario perchè, accrescendosi ulteriormente tale tensione di 10 per cento al più, ne venga aperta la valvola in guisa da permettere l' uscita di tutto il vapore così generato.

La molla dee quindi essere lunga abbastanza e giocare nel modo opportuno, oppure la bilancia a molla dev'essere munita di un congegno per cui, aprendosi maggiormente la valvola, non si aumenti la pressione sulla medesima.

Inoltre, queste bilance a molla devono essere disposte in guisa che la tensione loro non possa oltrepassare il punto corrispondente alla massima tensione che fu stabilita pel vapore durante l' uso della caldaia.

§. 15. Le due valvole non possono in alcun caso essere rinchiuse nella stessa custodia, e devono essere aggravate dell' ugual peso durante l' uso della caldaia. Dovrà particolarmente aversi cura della conveniente distribuzione delle valvole, allorchè trattisi di caldaie lunghe.

§. 16. Ogni caldaia a vapore dev' essere munita del così detto idrometro (cioè un tubo di vetro avente la debita comunicazione coll' interno della caldaia), mediante il quale possa ad ogni momento riconoscersi con facilità il vero stato dell' acqua nella caldaia, e ciò quand' anche vi fossero già il galleggiante od i robinetti di prova.

§. 17. Il modo in cui dee farsi la prescritta prova delle caldaie a vapore è più precisamente indicato nella Istruzione per la esecuzione di questa Legge.

Recandosi, in occasione di questa prova, danneggiamenti alla caldaia od ai suoi accessorii, o producendosi una permanente dilatazione della caldaia che la renda inetta all' uso propostosi, non potrà dal proprietario o fabbricatore della medesima farsi valere alcuna pretesa di risarcimento verso l' erario.

§. 18. Terminato l'esperimento e riconosciuta l'attitudine della caldaia, le valvole di sicurezza e le leve (quando queste vi siano) saranno segnate dalla Commissione di prova con un punzone, che vi sarà impresso.

Inoltre, l'autorità rilascierà a colui che ha chiesto la prova, un certificato che questa è realmente segnita (concessione per l'uso della caldaia a vapore), nel quale la caldaia sperimentata dovrà specificarsi, per quanto è possibile, indicando pure i punti essenziali dell'esperimento, le dimensioni delle leve e valvole di sicurezza, la massima tensione da raggiungersi dal vapore, il peso massimo di cui possono aggravarsi le valvole (la tensione massima della molla) durante l'uso della caldaia, e, secondo le circostanze, la misura del necessario aprimento delle valvole (Annotazione alla Tabella II).

Questo certificato dovrà conservarsi sotto vetro in originale od in copia autentica, in un luogo facile a rimarcarsi vicino alla caldaia, in modo che possano soprattutto con facilità rilevarsi le note delle dimensioni suddette, ed il carico permesso per le valvole (la tensione permessa della bilancia a molla).

§. 19. Per la prova di una caldaia a vapore si pagherà la tassa di 13 fiorini, dalla quale sono eccettuate soltanto quelle caldaie, la cui superficie esposta al fuoco non oltrepassa 12 piedi quadrati. Per la prova di queste si pagherà soltanto la tassa di 5 fiorini. L'importo della rispettiva tassa dovrà unirsi ogni volta all' istanza per la prova della caldaia (§. 1).

I membri della Commissione incaricata della prova di caldaie, dovranno prestarsi alla medesima, di regola, secondo l'ordine progressivo delle istanze loro pervenute e gratuitamente come ad un' operazione di ufficio; e così pure alle revisioni periodiche. Tuttavia, allorchè si allontanano dalla loro residenza d'ufficio, essi percepiranno le competenze normali di viaggio e di mantenimento.

§. 20. La prescritta prova della caldaia è una condizione senza la quale non può permettersi l'uso di questa; ma essa non libera il proprietario della caldaia (od in generale chi ne fa uso, o dee sorvegliarla) dalla responsabilità per la conservazione della medesima in istato tale da potersene servire senza pericolo.

Le suddette persone rimangono anzi strettamente risponsabili di ogni pericolo che potrebbe nascere dall' uso ulteriore della caldaia, e sono quindi tenute di aver cura che siffatto pericolo venga in tempo allontanato (particolarmente col l'impedire la formazione di sedimenti, col cambiare in tempo opportuno le imbottiture o lastre che fossero guastate, ecc.); inoltre, a misura che la caldaia viene più a lungo adoperata, dovranno tenersi continuamente informate dell' attitudine e della sicurezza nell' uso della medesima (e così pure di tutti gli apparati di sicurezza, p. es., delle bilancie a molla, ecc.), e metterle in tempo debito fuori d'uso, o farvi praticare i restauri che si rendessero necessarii.

Si avrà speciale attenzione alla continua esattezza ed attitudine dei manometri, giacchè principalmente quelli di metallo o ad indice possono col tempo diventare inesatti, ed abbisognano quindi di tempo in tempo una revisione e rettificazione, in particolare per ciò che anche la temperatura maggiore o minore, alla quale è esposto il manometro, ha influenza sul moto dell' indice. Ed è tanto più necessario che durante l'uso della caldaia, si abbia di continuo la debita attenzione al manometro, in quanto che, omettendosi le dovute precauzioni o trascurandosi la caldaia, non è tolta la possibilità di una

esplosione, ad onta che vi si trovino le valvole di sicurezza prescritte dalla Legge.

§. 21. Qualora si faccia una mutazione essenziale nella caldaia, in particolare nel riattarla si cambi più di una lastra, oppure la forma della caldaia, una valvola od una leva che vi appartenga, o l' apparato di scaldamento, dovrà tosto chiedersi ed eseguirsi nel modo sovraesposto una nuova prova della caldaia.

È peraltro in facoltà delle parti di chiedere una ripetizione della prova, anche in seguito a riparazioni minori.

§. 22. Pel collocamento od immuramento di una caldaia stabile a vapore, pel suo trasferimento o per un cambiamento essenziale negli apparati o nelle costruzioni relative, si richiede uno speciale permesso dell' autorità locale di polizia, e devono in tali operazioni osservarsi esattamente le Norme sulle costruzioni e sulle precauzioni contro gl' incendii.

I condotti da applicarsi lateralmente, entro cui passano i prodotti della combustione, in quanto non abbiano a servire soltanto a scaldare di nuovo il vapore separato dall' acqua, devono passare non al di sopra, ma sempre 3 a 5 pollici al di sotto del livello normale dell' acqua nella caldaia; alla quale circostanza dovrà porsi mente in particolare dalla Commissione chiamata a prevenire i pericoli d' incendio. Nelle caldaie delle locomotive, lo strato d' acqua al di sopra della superficie esposta al fuoco non dee mai esser minore di due pollici. La linea superiore del fuoco dev' esser resa visibile con un segno, ed inoltre si marcherà nell' idrometro l' altezza minima a cui dee trovarsi l' acqua, per non lasciare scoperta la fila superiore dei tubi alla estremità anteriore o superiore della macchina, nelle pendenze che vi fossero sul rispettivo tratto di strada-ferrata.

§. 23. Pel servizio o per la guardia di una macchina o caldaia a vapore, come pure per condurre una locomotiva od un piroscafo, non può impiegarsi alcuno che non siasi acquistato le necessarie cognizioni e l' abilità pratica in uno stabilimento per la costruzione di macchine o nel servizio di una locomotiva o macchina di piroscafo, ed abbia dimostrato la capacità in modo appieno soddisfacente, mediante un esame sostenuto presso qualche istituto d' istruzione tecnica in questo Stato.

Nella scelta di questi individui dovrà pure aversi riguardo ad un carattere sobrio e fidato.

§. 24. Ogni azione od ommissione, nell' uso di una caldaia a vapore, la quale sia atta a produrre od accrescere un pericolo per l' altrui vita, salute o sicurezza corporale, è punita nel colpevole (se pure non istà a suo carico la prava intenzione diretta ad un crimine) come delitto o contravvenzione n' sensi del Codice penale, Parte II (§§. 335, 336, 337 e 431).

Questa pena colpisce quindi particolarmente colui, che:

a) si serve di una caldaia a vapore prima che siasene fatta la prova legale e riconosciuta l' attitudine dall' Autorità;

b) aggrava le valvole di sicurezza più di quanto fu permesso nella concessione per l'uso della caldaia (§. 18) od aumenta in qualsiasi modo la tensione del vapore permessa in questa concessione;

c) cambia la caldaia a vapore od i suoi accessorii (particolarmente le valvole o le leve che vi appartengono, gli apparati di scaldamento, ecc.), e quindi fa uso di questa caldaia senza avere ottenuto di nuovo il permesso dall'autorità;

d) trascura in qualsiasi modo l' obbligo (§. 20) di mantenere di continuo la caldaia ed i suoi accessorii in istato tale che non offra pericolo;

e) presenta alla Commissione di prova un disegno dettagliato non fedele della caldaia e dei mezzi impiegati per rafforzarla (§. 4), od altrimenti le dà informazioni inesatte;

f) affida il servizio o la sorveglianza di una macchina o caldaia a vapore a persona che non abbia le qualità prescritte al §. 23.

§. 25. È poi stabilito dal Regolamento per l'esercizio delle strade-ferrate, in quanto agli impiegati ed inservienti addetti al servizio delle medesime, ed ai membri di una Direzione di strada-ferrata, si debbano inoltre applicare pene disciplinari per contravvenzione alle prescrizioni di Legge, o per mancanza delle necessarie cautele nell' uso delle locomotive per tale servizio.

§. 26. Chiunque, per propria colpa, è causa dell' esplosione di una caldaia a vapore, non solo deve subire la pena comminata dalla Legge, ma sarà ben anche tenuto di risarcire tutti i danni che ne derivano.

§. 27. L' autorità di sicurezza dovrà di tempo in tempo, e coll' intervento di un abile perito, ispezionare inaspettatamente le caldaie a vapore esistenti nel suo distretto, esaminando esattamente non solo le caldaie stesse, ma ben anche tutto ciò che vi appartiene (principalmente le valvole di sicurezza ed i manometri); e qualora scoprisse una trascuranza nel tenerle in istato tale che non offra pericolo, denuncierà il colpevole all'Autorità competente perchè venga punito.

Così pure, chiunque scopra qualsiasi pericolo risultante dallo stato di una caldaia a vapore, ha il diritto di farne denuncia all'Autorità di sicurezza per gli opportuni atti d' Ufficio.

Sono poi obbligati a fare tale denuncia, sotto comminatoria di punizione per parte della polizia, tutti i capi-operai, gli assistenti, ecc., addetti al servizio od all' uso di una caldaia a vapore, allorchè vi rilevino un qualche difetto, che potrebbe produrre od accrescere un pericolo, ed il proprietario della caldaia (o chiunque incaricato della relativa sorveglianza) da essi avvertito, non ponga immediatamente riparo al rilevato difetto, o non riatti la caldaia in modo che sia rimosso ogni pericolo.

Si dovranno eseguire esattamente le disposizioni ordinate dall'Autorità di sicurezza in seguito a tali ispezioni periodiche delle caldaie a vapore (p. e., di ripararle in parte od in tutto, od anche di cessare intieramente dal farne uso), senza che per ciò si possa promuovere contro l' erario alcun' azione d' indennizzo.

Tuttavia, chi si crede gravato dalle disposizioni date dall'Autorità di sicurezza, potrà insinuare ricorso all'Autorità superiore

§. 28. In tutti i passi di questo Regolamento e della relativa norma di esecuzione, in cui si parla di misure o di pesi, s' intendono sempre le rispettive misure o pesi di Vienna.

§. 29. Questa norma entra in vigore col 1.° marzo 1854, e si dichiarano abrogate da questo giorno in poi le precedenti relative prescrizioni.

TABELLA I. — Grossezza delle lamiere espressa in linee vienn. (e decimi di linea) per caldaie a vapore cilindriche, il cui diametro è indicato in pollici viennesi, ed invece la massima tensione effettiva del vapore nella caldaia è indicata in atmosfere (da 12 $^{3}/_{4}$ libbre viennesi per ogni pollice quadrato).

DIAMETRO della caldaia espresso in pollici viennesi	TENSIONE EFFETTIVA DEL VAPORE NELLA CALDAIA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Linee viennesi							
18	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7
20	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0
22	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3
24	1.8	2.1	2.3	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6
26	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9
28	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2
30	1.9	2.3	2.7	3.0	3.4	3.7	4.2	4.5
32	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8
34	2.0	2.5	2.9	3.4	3.8	4.2	4.7	5.1
36	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.4
38	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7
40	2.1	2.7	3.2	3.8	4.4	4.9	5.5	6.0
42	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8	6.4
44	2.2	2.8	3.5	4.1	4.7	5.4	6.0	6.7
46	2.2	2.9	3.6	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0
48	2.3	3.0	3.7	4.4	5.1	5.8	6.5	7.3
50	2.3	3.1	3.8	4.6	5.3	6.1	6.8	7.6
52	2.4	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9
54	2.4	3.2	4.0	4.9	5.7	6.5	7.3	8.2
56	2.4	3.3	4.2	5.0	5.9	6.7	7.6	8.5
58	2.5	3.4	4.3	5.2	6.1	7.0	7.9	8.8
60	2.5	3.4	4.4	5.3	6.3	7.2	8.1	9.1

Osservazione. I numeri di questa Tabella sono calcolati secondo la formola: $d = 0{,}0189\ n\ D + a$ in cui n indica la tensione del vapore nella caldaia al di sopra della pressione ordinaria dell'aria in atmosfere; D il diametro della caldaia in pollici di Vienna, e della corrispondente grossezza della lamiera in linee viennesi. La quantità a ha pertanto, se $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$, il rispettivo valore di: 1·37, 1·17 0·97, 0·78, 0·58, 0·39, 0·19, 0·00 in linee di Vienna, giacchè calcolata secondo la formola $x = 0·195\ (8 - n)$ indica quella parte di forza della parete della caldaia, che le dà la ne-

cessaria rigidezza contro la pressione del proprio peso e di quello dell'acqua, e si deve fare eguale a zero, trattandosi di una tensione del vapore di più di sette atmosfere.

Del resto, s'intende da sè, che per numeri intermedii dell'indicata tensione del vapore e del diametro della caldaia, si può rinvenire facilmente la grossezza della lamiera inserendovi i corrispondenti numeri.

Trattandosi di tubi bollitori, che devono essere esposti ad un fuoco violento, sarà opportuno di aumentare la forza delle lamiere di cui sono formati.

Del resto, nell'applicazione di questi numeri si dovrà possibilmente disporre il diametro della caldaia in modo, che non occorra adoperare lamiere grosse più di 6 linee, ossia di $1/_2$ pollice, giacchè non si può fidarsi (almeno sino al presente) della buona condizione e qualità delle lamiere, la cui forza o grossezza oltrepassi il detto limite.

TABELLA II. — Diametro espresso in pollici vienn. decimi di pollice per le valvole di sicurezza, allorchè la tensione massima effettiva del vapore nella caldaia è indicata in atmosfere (da 12 $^{3}/_{4}$ libbre di Vienna per pollice quadrato) e la superficie esposta al fuoco in piedi quadrati viennesi.

Superficie esposta al fuoco, in piedi quadrati viennesi	Tensione effettiva del vapore espressa in atmosfere																
	1/4	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8
	Diametro delle valvole in pollici di Vienna.																
10	1·1	0·9	0·8	0·7	0·6	0·6	0·5	0·5	0·5	0·4	0·4	0·4	0·4	0·4	0·4	0·3	0·3
20	1·5	1·3	1·1	1.0	0·9	0·8	0·7	0·7	0·7	0·6	0·6	0·6	0·5	0.5	0·5	0.5	0.5
30	1·9	1·6	1·4	1·2	1·1	1·0	1·0	0,9	0·8	0·8	0·7	0·7	0·7	0·6	0·6	0·6	0·6
40	2·2	1·9	1·6	1·4	1·2	1·1	1·0	1·0	0·9	0·9	0·8	0·8	0·8	0·7	0·7	0,7	0·7
50	2·4	2·1	1·8	1·5	1·4	1·3	1·2	1·1	1·0	1·0	0·9	0·9	0·9	0·8	0·8	0·8	0·8
60	2·7	2·3	1·9	1,7	1·5	1·4	1·3	1·2	1·1	1·1	1·0	1·0	0·9	0·9	0,9	0·8	0·8
70	2·9	2·5	2·1	1·8	1·6	1·5	1·4	1·3	1·2	1·2	1·1	1·0	1·0	1·0	0·9	0·9	0·9
80	3·1	2·7	2·2	1·9	1·7	1·6	1·5	1·4	1·3	1·2	1·2	1·1	1·1	1·0	1·0	1·0	1,0
90	3·2	2·8	2·4	2·1	1·8	1·7	1·6	1·5	1·4	1·3	1·3	1·2	1·2	1·1	1·1	1·0	1·0
1	3·4	3·0	2·5	2·2	1·9	1·8	1·7	1·5	1·5	1·4	1·3	1·3	1·2	1·2	1·1	1·1	1·1
110	3·6	3·1	2·6	2·3	2·0	1·9	1·7	1·6	1·5	1·5	1·4	1·3	1·3	1·2	1·2	1·2	1·1
120	3·8	3·2	2·7	2·4	2·1	1·9	1·8	1·7	1·6	1·5	1·5	1·4	1·3	1·3	1·2	1·2	1·2
130	3·9	3·4	2·8	2·5	2·2	2·0	1·9	1·8	1·7	1·6	1·5	1·4	1·4	1·3	1·3	1·3	1·2
140	4·1	3·5	2·9	2·6	2·3	2·1	2·0	1·9	1·7	1·6	1·6	1·5	1·4	1·4	1·3	1·3	1·3
150	4·2	3·7	3·0	2·6	2·4	2·2	2·0	1·9	1·8	1·7	1·6	1·5	1·5	1·4	1·4	1·3	1·3
160	4·3	3·8	3·1	2·7	2·5	2·3	2·1	2·0	1·8	1·8	1·7	1·6	1·5	1·5	1·4	1·4	1·3
170	4·5	3·9	3·2	2·8	2·5	2·3	2·2	2·0	1·9	1·8	1·7	1·6	1·6	1·5	1·5	1·4	1·4
180	4·6	4·0	3·3	2·9	2·6	2·4	2·2	2·1	2·0	1·9	1·8	1·6	1·6	1·6	1·5	1·5	1·4
190	4·7	4·1	3·4	3·0	2·7	2·5	2·3	2·1	2·0	1·9	1·8	1·7	1·7	1·6	1·6	1·5	1·5
200	4·8	4·2	3·5	3·1	2·7	2·5	2·3	2·2	2·1	2·0	1·9	1·8	1·7	1·7	1·6	1·6	1·5
210	5·0	4·3	3·6	3·1	2·8	2·6	2·4	2·3	2·1	2·0	1·9	1·8	1·8	1·7	1·6	1·6	1·5
220	5·1	4·4	3·7	3·2	2·9	2·6	2·4	2·3	2·2	2·1	2·0	1·9	1·8	1·7	1·7	1·6	1·6
230	5·2	4·5	3·8	3·3	2·9	2·7	2·5	2·3	2·2	2·1	2·0	1·9	1·8	1·8	1·7	1·7	1·6
240	5·3	4·6	3·8	3·4	3·0	2·8	2·6	2·4	2·3	2·1	2·1	2·0	1·9	1·8	1·8	1·7	1·6
250	5·4	4·7	3·9	3·4	3·1	2·8	2·6	2·4	2·3	2·2	2·1	2·0	1·9	1·8	1·8	1·7	1·7
260	5·5	4·8	4·0	3·5	3·1	2·9	2·7	2·5	2·4	2·2	2·1	2·0	2·0	1·9	1·8	1·8	1·7
270	5·6	4·9	4·1	3·6	3·2	3·0	2·7	2·5	2·4	2·3	2·2	2·1	2·0	1·9	1·9	1·8	1·7
280	5·7	5·0	4·1	3·6	3·3	3·0	2·8	2·6	2·4	2·3	2·2	2·1	2·0	2·0	1·9	1·8	1·8
290	5·8	5·1	4·2	3·7	3·3	3·0	2·8	2·6	2·5	2·3	2·3	2·2	2·1	2·0	1·9	1·9	1·8
300	5·9	5·2	4·3	3·7	3·4	3·1	2·9	2·7	2·5	2·4	2·3	2·2	2·1	2·0	2·0	1·9	1·8

Superficie esposta al fuoco, in piedi quadrati viennesi	Tensione effettiva del vapore espressa in atmosfere																
	1/4	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8
	Diametro delle valvole in pollici di Vienna.																
310	6·0	5·3	4·4	3·8	3·4	3·1	2·9	2·7	2·6	2·4	2·3	2·2	2·1	2·1	2·0	1·9	1·9
320	6·1	5·4	4·4	3·9	3·5	3·2	2·9	2·8	2·6	2·5	2·4	2·2	2·2	2·1	2·0	2·0	1·9
330	6·2	5·4	4·5	3·9	3·5	3·2	3·0	2·8	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·1	2·1	2·0	1·9
340	6·3	5·5	4·6	4·0	3·6	3·3	3·0	2·8	2·7	2·6	2·4	2·3	2·2	2·2	2·1	2·0	2·0
350	6·4	5·6	4·6	4·0	3·6	3·3	3·1	2·9	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·1	2·1	2·0
360	6·5	5·7	4·7	4·1	3·7	3·4	3·1	2·9	2·8	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·1	2·1	2·0
370	6·6	5·8	4·8	4·2	3·7	3·4	3·2	3·0	2·8	2·7	2·5	2·4	2·3	2·3	2·2	2·1	2·0
380	6·6	5·8	4·8	4·2	3·8	3·5	3·2	3·0	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·1	2·1
390	6·7	5·9	4·9	4·3	3·8	3·5	3·3	3·0	2·9	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·2	2·1
400	6·8	6·0	5·0	4·3	3·9	3·6	3·3	3·1	2·9	2·8	2·6	2·5	2·4	2·3	2·3	2·2	2·1
410	6·9	6·1	5·0	4·4	3·9	3·6	3·3	3·1	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·2
420	7·0	6·1	5·1	4·4	4·0	3·6	3·4	3·2	3·0	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·2	2·2
430	7·1	6·2	5·1	4·5	4·0	3·7	3·4	3·2	3·0	2·9	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·3	2·2
440	7·1	6·3	5·2	4·5	4·1	3·7	3·5	3·2	3·1	2·9	2·8	2·7	2·5	2·5	2·4	2·3	2·2
450	7·2	6·3	5·3	4·6	4·1	3·8	3·5	3·3	3·1	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3	2·3
460	7·3	6·4	5·3	4·6	4·2	3·8	3·5	3·3	3·1	3·0	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·4	2·3
470	7·4	6·5	5·4	4·7	4·2	3·8	3·6	3·3	3·2	3·0	2·9	2·7	2·6	2·5	2·5	2·4	2·3
480	7·5	6·6	5·4	4·7	4·2	3·9	36	3·4	3·2	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·3
490	7·5	6·6	5·5	4·8	4·3	3·9	3·6	3·4	3·2	3·1	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4	2·4
500	7·6	6·7	5·5	4·8	4·3	4·0	3·7	3·5	3·3	3·1	3·0	2·8	2·7	2·6	2·5	2·5	2·4
510	7·7	6·8	5·6	4·9	4·4	4·0	3·7	3·5	3·3	3·1	3·0	2·9	2·7	2·6	2·6	2·5	2·4
520	7·8	6·8	5·6	4·9	4·4	4·0	3·8	3·5	3·3	3·2	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4
530	7·8	6·9	5·7	5·0	4·5	4·1	3·8	3·6	3·4	3·2	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·4
540	7·9	7·0	5·8	5·1	4·5	4·1	3·8	3·6	3·4	3·2	3·1	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5	2·5
550	8·0	7·0	5·8	5·1	4·5	4·2	3·9	3·6	3·4	3·2	3·1	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5
460	8·1	7·1	5·9	5·1	4·6	4·2	3·9	3·7	3·4	3·3	3·1	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5
570	8·1	7·1	5·9	5·2	4·6	4·2	3·9	3·7	3·5	3·3	3·2	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·5
580	8·2	7·2	6·0	5·2	4·7	4·3	4·0	3·7	3·5	3·3	3·2	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6	2·6
590	8·3	7·3	6·0	5·2	4·7	4·3	4·0	3·7	3·5	3·4	3·2	3·1	3·0	2·8	2·8	2·7	6·2
600	8·3	7·3	6·1	5·3	4·7	3·3	4·0	3·8	3·6	3·4	3·2	3·1	3·0	2·9	2·8	2·7	2·6

Osservazione. I numeri di questa Tabella sono calcolati secondo la formola:

$$d = 0{\cdot}312 \sqrt{\frac{F}{n + 0{\cdot}588}} \quad \ldots\ldots (1)$$

in cui F esprime la superficie della caldaia esposta al fuoco, in piedi quadrati viennesi, n la tensione effettiva del vapore in atmosfere, e d il diametro

dalla valvola in pollici viennesi. — Se una caldaia a vapore non ha che due valvole di sicurezza, i loro diametri non potranno essere minori di quelli indicati nella precedente Tabella, e perchè ogni valvola possa lasciare al vapore che si affonda l'occorrente orifizio annulare, si deve poter elevare alla seguente altezza trattandosi di $\left\{\begin{array}{l}\text{caldaie stazionarie di } h = \frac{1}{4}\, d \\ \text{» di locomotive di } h = \frac{1}{6}\, d\end{array}\right\}$ . . . . (2).

Se all'opposto si dà alle valvole di sicurezza un diametro maggiore D, l'altezza a cui devono giungere potrà essere proporzionatamente minore, cioè: $h = \frac{1}{4}\frac{d^2}{D}$ e rispettivamente $= \frac{1}{6}\frac{d^2}{D}$ . . . . (3).

Qualora il diametro calcolato secondo la formola (1) fosse maggiore di 3'', si potrà applicare invece di due valvole di sicurezza, un numero di N di valvole, il cui diametro D non sia per altro minore di 3'', ed abbia almeno le seguenti dimensioni: $D = d\sqrt{\frac{2}{N}}$ . . . . (4) ed ogni valvola deve poter giungere all'altezza di $h' = \frac{D}{4}\sqrt{\frac{N}{2}}$ e rispettivamente $\frac{D'}{b}\sqrt{\frac{N}{2}}$ . . . . . (5).

Finalmente, se ad ogni valvola di sicurezza si dà il diametro di D'', maggiore di quello D' indicato nella formola (4), il possibile innalzamento dovrà essere di: $h'' = \frac{D'^2}{4D''}\sqrt{\frac{N}{2}}$ e rispettivamente $= \frac{D'^2}{6\,D''}\sqrt{\frac{N}{2}}$ . . . . . (6).

In tutte le formole dal (2) sino al (6) il d indica il valore espresso nella formola (1). S'intende da sè che pei numeri intermedi delle indicate tensioni del vapore e delle superficie esposte al fuoco si possono trovare facilmente i diametri delle valvole mediante intercalazione.

Intorno alle concessioni per costruire strade-ferrate private.

Di conformità all' autorizzazione impartita da Sua Maestà I. R. Apostolica colla Sovrana Risoluzione dell' 8 settembre 1854, furono stabilite le seguenti disposizioni:

§. 1. Per la costruzione di una strada ferrata, che un intraprenditore intenda condurre solamente per proprio uso sopra fondi di sua proprietà od anche sopra fondi altrui, ma col permesso del loro proprietario, che si dovrà previamente far constare, non si richiede che il solito consenso per la costruzione prescritto dalle Leggi generali. Tale consenso non potrà essere accordato che dopo aver sentito in proposito il parere di periti, in ciò che riguarda la costruzione di strade-ferrate.

§. 2. All' opposto, per costruire una strada-ferrata che debba servire di pubblico mezzo di trasporto per persone e merci, o per trasformare una strada maestra in una strada-ferrata, si richiede una speciale approvazione per parte dell' amministrazione pubblica, e più precisamente:

a) il permesso d' intraprendere i lavori preparatorii;

b) la concessione di costruire la strada-ferrata propriamente detta, e gli occorrenti edifizii.

Il permesso d' intraprendere i lavori preparatorii è di competenza del Ministero del commercio, dell' Industria e delle Pubbliche Costruzioni, d' intelligenza col Ministero dell' Interno e col Comando superiore dell' Armata.

La concessione di costruire la strada-ferrata viene impartita da Sua Maestà I. R. Apostolica.

§. 3. Il permesso d' intraprendere i lavori preparatorii (§. 1, *a)* può accordarsi tanto a persone singole e ad associazioni regolarmente formate, quanto alle persone che vogliono riunirsi in associazione soltanto in seguito. Tale permesso per altro non verrà impartito che quando non insorgano difficoltà, nè rapporto alla persona di chi ne ha fatto la domanda, nè per riguardi privati e pubblici.

Se il permesso viene chiesto a nome di un' associazione, che deve formarsi in seguito, non potrà accordarsi che sotto la riserva che i supplicanti abbiano ad adempiere tutte le condizioni prescritte dalla Legge sulle associazioni, del 26 novembre 1852 *), ai §§. 7-17, per ottenere il previo permesso d' istituire un' associazione.

Le associazioni che desiderano ottenere una tale concessione, dovranno chiederla al Ministro del Commercio, dell' Industria e delle Pubbliche Costruzioni, acchiudendo all' istanza il piano dell' intrapresa ed in particolare indicando la direzione della strada progettata almeno coi suoi contorni generali, e precisando il tempo entro cui s' intende di principiare e finire i lavori preparatorii.

§. 4. Colla concessione d' intraprendere i lavori preparatorii di una strada ferrata, chi l' ha chiesta non ottiene che il diritto di fare a sue spese i rilievi preventivi per la futura esecuzione della progettata strada-ferrata, sotto osservanza delle Leggi vigenti e sotto sorveglianza delle Autorità, come pure di eseguire i necessarii lavori di misuramento e di livellazione.

All' opposto, chi ha ottenuto tale permesso non acquista un *diritto di priorità* per la concessione della strada-ferrata di cui si tratta, nè alcun' altra facoltà *esclusiva.*

Si potrà pertanto accordare a più persone e diverse il permesso d'intraprendere i lavori preparatorii riguardo ad una sola

ed identica linea di strada-ferrata. Il permesso di eseguire tali lavori non vale che pel tempo in esso espressamente stabilito, scorso il quale deve riguardarsi come estinto. Si potrà peraltro, sotto osservanza delle summenzionate condizioni, domandarlo ed ottenerlo più volte.

§. 5. Per ottenere la concessione di costruire una strada-ferrata, si deve presentare al Ministero del Commercio, dell'Industria e delle Pubbliche Costruzioni la relativa istanza, nella quale si provi:

1.° che venne accordata agli aspiranti la concessione d' intraprendere i lavori preparatorii;

2.° che la progettata strada sarà vantaggiosa al pubblico interesse;

3.° in quale maniera si abbiano a procurare i *mezzi pecuniari* occorrenti alla impresa;

4.° si dovrà unire all' istanza un piano di tutta l' impresa, col relativo progetto debitamente elaborato, e col preventivo delle spese.

5.° È riservato al Ministero del Commercio di esigere, secondo le circostanze, il deposito di una cauzione per parte degli aspiranti, o trattandosi di associazioni, di pretendere che sia già assicurato dai compartecipi un fondo sufficiente per l'impresa.

§. 6. Prima di sottoporre alla Sovrana Risoluzione un' istanza per la concessione di costruire una strada-ferrata, si dovrà esaminare accuratamente, se la costruzione stessa e le singole sue parti non contengano qualche cosa in contraddizione alle vigenti *Leggi*, ai pubblici *riguardi* ed a *diritti privati* previamente acquisiti. In particolare s' invigilerà che si costruisca la strada in modo da evitare ogni danno ai fondi ed agli edifizii limitrofi, e simili. A tale scopo si dovrà in ogni singolo caso ingiungere dal Ministero del Commercio alla Luogotenenza del Dominio, pel quale avrebbe a passare la progettata strada-ferrata, di convocare sotto la propria direzione una Commissione di periti, la quale, coll' intervento di Delegati delle competenti Autorità militari e civili e degli interessati, abbia a fare gli occorrenti rilievi, recandosi se fia d'uopo anche sul luogo, e quindi a stendere sul progetto un ben ponderato rapporto, in seguito a cui si prenderanno gli opportuni concerti col Ministero dell' Interno e col Comando superiore dell' Armata.

§. 7. La concessione di costruire una strada-ferrata ad uso pubblico non verrà accordata che per un determinato tempo, che non potrà essere di più di novanta anni, ma che, a tenore delle circostanze, potrà limitarsi ad una minore durata.

Il termine per la durata di tali concessioni comincia a decorrere dal giorno in cui la strada-ferrata viene aperta in tutto od in parte all' uso del pubblico.

§. 8. Decorsa che sia la durata del privilegio, la proprietà della strada-ferrata, coi terreni e colle costruzioni che vi appartengono, viene per legge immediatamente trasferita nello Stato senza corrispettivo. Continuano peraltro ad essere proprietà degli intraprenditori tutti gli oggetti esclusivamente destinati ad eseguire i trasporti, tutti gli effetti mobili, gli apparecchi ed i beni stabili.

L' impresa dovrà consegnare la strada ferrata con tutti gli accessorii in istato da potersene servire. Sarà speciale dovere delle Autorità d' invigilare, che negli ultimi 5 anni, prima della scadenza del privilegio, si facciano immediatamente le occorrenti riparazioni, al che l'impresa verrà obbligata, se fia d' uopo, anche con opportuni mezzi coattivi.

§. 9. Alla concessione impartita di costruire una strada-ferrata vanno congiunte, di regola, le seguenti facoltà (qualora il relativo documento non contenga speciali limitazioni o riserve):

a) L'impresa della strada-ferrata acquista il diritto di costruirla nella direzione indicata nel progetto approvato.

Se per facilitare la costruzione e sino a che venga compiuta, si vogliano costruire strade-ferrate laterali pel trasporto dei materiali occorrenti, si dovrà riportare il consenso della competente autorità, e nel caso che la strada dovesse passare sopra fondi altrui, si produrrà il permesso del loro proprietario.

b) L'impresa della strada-ferrata coll'ottenuta concessione acquista un diritto esclusivo a costruire la rispettiva strada-ferrata nel senso, che per tutto il tempo in cui dura la concessione, non è permesso ad *alcuno* di costruire per uso del pubblico un'altra strada-ferrata, che servirebbe a congiungere le medesime estremità senza toccare nuovi punti intermedii importanti, per riguardi strategico-politico o commerciali.

All'opposto, è riservato all'amministrazione dello Stato di accordare, anche durante la concessione, che altre imprese private abbiano a fare nuove strade-ferrate che siano *diramazioni*, o *prolungazioni* della strada già approvata, come pure di costruire tali strade a spese dello Stato stesso.

c) Ad un'impresa di strada ferrata di utile pubblico si accorda il diritto di espropriazione, di conformità al §. 365 del Codice civile generale, ma soltanto riguardo a quegli spazii che si riconoscono indispensabilmente necessarii all'esecuzione dell'impresa.

Il decidere a quanto si estenda tale necessità spetta alla Luogotenenza del rispettivo dominio, ed in ulteriore istanza al ministero dell'interno. Prima di prevalersi del diritto di espropriazione, l'impresa della strada-ferrata dovrà cercare di addivenire ad un componimento amichevole per l'acquisto del fondo e pel corrispondente compenso: e solo allorchè siano andati a vuoto i fatti tentativi, si rivolgerà alla rispettiva Luogotenenza, chiedendole di pronunciare un formale decreto di espropriazione. Dopo che questo sarà passato in giudicato, l'impresa della strada-ferrata otterrà dalla competente Istanza reale la *stima giudiziaria* del fondo di cui si chiede l'espropriazione, pagherà al proprietario del fondo l'importo determinato da tale stima, o qualora non si possa eseguire siffatto pagamento per rifiuto di riceverlo o per altri motivi legali, ne farà il deposito presso l'Istanza reale. Per tal modo, l'impresa acquista la proprietà del fondo di cui ottenne l'espropriazione, e sotto questo rapporto non potrà più essere impedita nelle sue costruzioni. Se peraltro nella stima non si fossero osservate tutte le prescrizioni relative alla perizia giudiziale, è riservato al proprietario che credesse di aver diritto ad un maggiore *compenso*, di far valere le sue ragioni in via giudiziaria.

In egual modo si procederà alla decisione relativa all'assoluto bisogno che l'impresa avesse di far uso temporariamente di proprietà altrui per l'esecuzione dell'accordatale strada-ferrata.

d) L'impresa ottiene colla concessione anche il diritto di trasportare sulla strada-ferrata da essa costrutta persone o cose ai prezzi stabiliti dalle tariffe, in quanto che tale trasporto non sia esclusivamente riservato agli Istituti di posta in forza della regalia postale.

§. 10. Viceversa, le imprese di strade-ferrate munite di concessione, deggiono, oltre i doveri già contenuti nelle leggi generali, adempire anche ai seguenti obblighi verso l'amministrazione dello Stato:

a) Le imprese di strade-ferrate deggiono, prima di passare alla costruzione della strada concessa, sottoporre ad ap-

provazione i piani dettagliati della medesima, da cui possano rilevarsene le pendenze e le curve, la larghezza delle rotaie e delle guide, al quale riguardo si procurerà che venga osservata un' eguaglianza di misure, e la misura ammissibile per la larghezza della stsada, ed inoltre, nella costruzione della strada stessa e dei singoli oggetti, devono adempiere esattamente le Norme generali per le costruzioni e quelle particolari che loro venissero prescritte.

A queste appartengono specialmente le cautele contro pericoli d'incendio od altri danneggiamenti, ec., ec.

b) Le imprese di strade-ferrate sono obbligate di risarcire ogni danno che dalle loro costruzioni derivasse a beni pubblici o privati.

Esse devono inoltre prendere le opportune misure, affinchè i fondi, edifizii, ec., limitrofi, non soffrano danno per effetto della strada, nè durante la sua costruzione nè in seguito; e sono responsabili per siffatti danneggiamenti.

c) Qualora per la costruzione di una strada-ferrata s' interrompano o si rendano impraticabili in tutto od in parte pubbliche strade, ponti, sentieri od altri mezzi di comunicazione, l' impresa sarà obbligata, dietro ordine da darsi di volta in volta dalle autorità, di ripristinare completamente in altro modo la comunicazione interrotta.

La manutenzione in lodevole stato delle strade, dei ponti, ec., costruiti nuovamente in luogo di quelli distrutti o resi impraticabili, incombe a coloro ai quali spettava la manutenzione delle precedenti strade, ponti, ec.

Questi possono tuttavia pretendere dall'impresa di strada-ferrata il compenso di una parte proporzionata delle spese, in quanto che le spese di manutenzione di queste strade, ponti, ecc., siansi aumentate per la costruzione della strada-ferrata.

Qualora per ristabilire la comunicazione interrotta dalla strada-ferrata fossero necessarie *costruzioni particolari*, che prima *non* esistevano, p. e., ponti, argini, ec., incombe all' impresa non solo la primitiva costruzione, ma anche la susseguente manutenzione.

d) Facendosi passare la strada-ferrata per una strada pubblica, un ponte od argine, l' impresa deve aver cura delle cinte o sbarre occorrenti per la sicurezza, secondo le disposizioni che si daranno di volta in volta dalle autorità, e prendere le opportune intelligenze per l' uso della strada, del ponte o dell' argine. Si avrà cura di porre tali sbarre anche ogni volta che una strada pubblica attraversi la strada-ferrata, o vi sbocchi, o negli altri luoghi, p. e., alle stazioni, ove secondo l' ingiunzione dell' autorità competente si renda necessaria, per motivi di pubblico riguardo, una chiusura della strada.

e) Le tariffe pel trasporto di persone e cose, e per le competenze accessorie, sono da sottoporsi a revisione di tre in tre anni, e verranno quindi subordinate all' I. R. ministero del commercio, della industria e delle pubbliche costruzioni, perchè vi dia la sua approvazione, d' intelligenza col ministero dell' interno.

Nel fissare la tariffa si avrà il conveniente riguardo a tutti i rapporti esistenti, alla rendita che può ottenersi dalla strada, alle tariffe delle strade-ferrate vicine, ec.

La tariffa dei prezzi sarà recata a pubblica notizia, e si riserve all' amministrazione dello Stato di procurare un' equa riduzione dei prezzi, allorchè i redditi netti della strada oltrepassino 15 per o/o del capitale impiegato.

f) Nell'esercizio della strada-ferrata, l'impresa è obbligata ad osservare intieramente le prescrizioni vigenti a tale riguardo.

In particolare, essa è quindi tenuta anche d'inoltrare gratuitamente le spedizioni postali e gl'impiegati della posta, giusta il prescritto dal §. 68 del Regolamento sull'esercizio delle strade-ferrate.

Allorchè l'amministrazione militare desidera servirsi delle strade-ferrate pel trasporto di truppe od effetti militari, gli imprenditori sono obbligati di porre a sua disposizione tutti i mezzi che servono al trasporto, verso compenso da prestarsi secondo gli stessi prezzi, che sono per tali casi stabiliti nella tariffa vigente di volta in volta per le strade-ferrate dello Stato.

g) Le imprese di strade-ferrate devono prendere gli opportuni concerti con quelle delle vicine ferrovie (siano esse già costrutte al tempo della ottenuta concessione, o vengano costrutte soltanto in seguito) riguardo al Regolamento delle corse, al reciproco uso della strada e dei mezzi di esercizio, ed in generale all'ordinamento degli scambievoli rapporti di comunicazione.

Non potendo addivenirsi ad amichevole componimento, o non corrispondendo i concerti presi ai pubblici interessi, il ministero del commercio, dell'industria e delle pubbliche costruzioni darà d'ufficio gli opportuni provvedimenti, ai quali dovranno quindi sottomettersi le imprese.

h) Le imprese di strade-ferrate permetteranno *gratuitamente* che, lungo la strada e sul terreno di loro proprietà, si conduca una linea telegrafica dello Stato, oppure che si faccia uso degli apparati telegrafici che loro appartenessero.

i) Senza speciale permesso dell'amministrazione dello Stato, le imprese *non* hanno diritto di contrarre prestiti col-l'emettere obbligazioni od in forma di emissione di nuove azioni o di pagamenti addizionali sulle precedenti.

I suddetti obblighi delle imprese di

strade-ferrate varranno, in quanto che nel relativo documento di concessione non si stabiliscano eccezioni particolari, essendo rimesso in facoltà dell'amministrazione dello Stato di modificare a favore di una impresa l'uno o l'altro obbligo, a norma delle particolari circostanze del caso, o viceversa in casi affatto speciali, p. es., allorchè l'amministrazione dello Stato assume una garanzia degl'interessi a favore dell'impresa, ec., d'imporle per condizione l'adempimento di altri obblighi, all'atto in cui le si dà la concessione.

§. 11. La concessione impartita per una strada-ferrata si estingue:

a) allorchè è scaduto il tempo pel quale fu data;

b) allorchè non si osserva il termine prescritto espressamente nel documento di concessione per compire la strada o singoli tratti della medesima e per attuarne l'esercizio, eccettochè a tale riguardo siasi ottenuto un condono speciale dalla amministrazione dello Stato, per motivi degni di particolare considerazione, p. es., per avvenimenti inevitabili ed impreveduti.

Nel caso *b)* resta bensì agl'imprenditori la proprietà di fondi, edifizii, ec., da loro acquistati (con riserva della loro legale espropriazione), ma è libero all'amministrazione dello Stato d'impartire ad un'altra susseguente impresa la concessione della strada di cui si tratta, o di costruirla a spese dello Stato.

§. 12. Qualora l'impresa di strada-ferrata, malgrado ripetuta ammonizione, non osservasse gli ordini delle preposte autorità, o contravvenisse a prescrizioni essenziali del documento di concessione o del Regolamento sull'esercizio delle strade-ferrate, il ministero del commercio può ordinare la sequestrazione della strada concessa, a spese e pericolo dell'impresa.

§. 13. Gli affari relativi alla esecuzione di queste Norme sono esclusi dalla via

giudiziale, e si trattano innanzi alle autorità amministrative.

Regolamento per l' esercizio delle strade-ferrate.

1. *Doveri delle imprese di strade-ferrate e dei loro impiegati.*

A. *Prescrizioni generali per l'esercizio della strada-ferrata.*

§. 1. — a) *Permesso di aprire la strada.* — Quando la costruzione di una nuova strada-ferrata, o di un tronco di essa, è portata a termine, a norma del progetto approvato dall' autorità, e vuolsi aprire all' uso pubblico la strada od il tronco, deve ottenersi lo speciale permesso del ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni, e ciò tanto nel caso che si tratti di una strada-ferrata dello Stato, o di una strada-ferrata privata, per la costruzione della quale venne impartita a suo tempo la concessione, sia che tale strada venga esercitata immediatamente dall' amministrazione dello Stato, o col mezzo di persone private.

§. 2. — b) *Condizioni necessarie.* — Per ottenere un tale permesso devesi provare, per le strade-ferrate dello Stato col mezzo dell'Autorità all' uopo destinata, e per le strade private col mezzo dell' impresa d' esercizio, che, avuto riguardo al modo di costruzione della strada ed alla qualità e quantità dei mezzi d' esercizio che vi si trovano, possa ripromettersi con ogni fondamento un regolare, esatto e sicuro esercizio. Devesi ciò pure constatare col mezzo di una speciale Commissione spedita a tale scopo, a cui deve assistere anche un delegato della Luogotenenza, nel cui territorio si trova la strada, o il tronco di strada-ferrata.

In ispecie deve provarsi al suddetto scopo:

a) Che la strada e gli edifizii che vi appartengono siano costruiti a norma delle relative leggi e prescrizioni di sicurezza e sanità;

b) che la strada sia provveduta dei mezzi d'*esercizio necessarii per le corse* nella qualità e quantità conveniente;

c) che siansi prese le necessarie cautele per evitare infortunii;

d) che vi si trovino in sufficiente quantità ed in conveniente qualità tutti quei mezzi che, in caso d' infortunii, possano servire al soccorso ed al salvamento dei malcapitati, ed a stornare pericoli maggiori;

e) che la strada-ferrata sia provveduta del personale convenientemente qualificato (impiegati ed inservienti) necessario per il regolare esercizio, e che questi abbiano già ricevute le necessarie prescrizioni di servizio ed istruzioni.

§. 3. — c) *Manutenzione della strada e dei mezzi d' esercizio. Nomina degl'impiegati ed inservienti.* — Ogni strada o tronco di strada-ferrata, pel cui esercizio venne accordato il permesso, deve essere sempre mantenuto in istato *buono* od *atto a servire alle corse*, in modo da poter esser percorso senza pericolo colla massima celerità menzionata al §. 6; devonsi quindi rimuovere al più presto possibile le mancanze ed i guasti, che vi si verificassero, come pure gli ostacoli che fossero d' impedimento ad un regolare esercizio.

Anche gli edifizii appartenenti alla strada, i locali di magazzinaggio, gli arnesi, le costruzioni corrispondenti al bisogno, i mezzi di trasporto (nel numero necessario per compiere le corse stabilite), e finalmente tutti gli altri requisiti

menzionati nel §. 2, devono sempre mantenersi in istato buono, servibile e tale da guarentire pienamente la sicurezza dell' esercizio.

Finalmente, vi si deve trovar sempre il personale d' esercizio nel debito numero, fornito delle qualità necessarie, edotto delle prescrizioni ed istruzioni di servizio, e il medesimo deve aver sempre a propria disposizione tutti i mezzi d' esercizio, in modo da poter disimpegnare la gestione degli affari, ed adempiere ai suoi doveri col necessario ordine, regolarità e sicurezza.

§. 4. — d) *Regolamento delle corse, tariffe e condizioni per l' accettazione.* — Le imprese di strade-ferrate hanno l' obbligo di pubblicare:

1.° il *regolamento delle corse*, in cui devono stabilirsi colla possibile precisione le ore di partenza, e il tempo consneto dell'arrivo alle singole stazioni;

2.° la *tariffa dei prezzi delle corse* per persone e cose;

3.° finalmente, le *prescrizioni per l' accettazione* delle persone, e quelle relative ai ricapiti di viaggio, di cui devono essere munite, al contegno dei viaggiatori prima, durante e dopo la corsa, come pure le prescrizioni risguardanti l' ammissione ed accettazione delle cose atte al trasporto ed i documenti da cui devono essere accompagnate, la responsabilità per le medesime, e finalmente il rilascio e la consegna delle cose trasportate. Nelle prescrizioni pel trasporto di persone e cose devesi pure stabilire il tempo per la consegna delle merci accettate pel trasporto.

Il regolamento per le corse, le tariffe per le persone e per le merci e le prescrizioni pel trasporto di persone e cose dovranno, oltre a ciò, essere pubblicamente affisse in tutte le stazioni tanto principali che d' accettazione.

§. 5. Il regolamento per le corse, le tariffa per le persone e per le merci, come pure le prescrizioni pel trasporto di persone e cose dovranno essere accuratamente osservate per tutto il tempo, pel quale vennero pubblicate; in ispecie bisognerà attenersi con precisione alle ore di partenza, ed al tempo delle corse, che vennero prestabilite, qualora non nascano ostacoli impreveduti ed inevitabili; finalmente, dovrassi osservare puntualmente il tempo della consegna stabilito pel trasporto delle merci, qualora non siano occorsi impedimenti impreveduti ed inevitabili. Gli oggetti ricevuti sono da trasportarsi realmente nell' ordine in cui vennero consegnati, senza dar la preferenza ad alcuno.

§. 6. Quanto al tempo da impiegarsi nel trasporto, non è permessa, pei treni che servono al trasporto delle persone, una celerità di corsa maggiore di quella con cui possa percorrersi in un'ora il tratto di 7 leghe tedesche (calcolata la lega a 4000 klafter di Vienna), e di 5 di queste leghe pei treni, che servono solo al trasporto di merci.

Questa misura massima di celerità deve però diminuirsi, quando ciò sia reso necessario dalle circostanze della strada-ferrata, o di un tronco di essa, e in ispecial modo quando degli accidenti verificatisi in singole corse ne comandino una diminuzione (§. 33.)

I casi, in cui deve diminuirsi la celerità, si indicheranno con precisione al personale d' esercizio nelle prescrizioni di servizio.

Del resto, l'amministrazione dello Stato si riserva d'introdurre dei cambiamenti in questa prescrizione per la *massima celerità delle corse* (sia in generale o per una speciale strada-ferrata), qualora un tale cambiamento apparisse opportuno e desiderabile, avuto riguardo ai

risultati dell'esperienza, ai progressi fatti nella costruzione superiore della strada e nelle macchine, ed alla qualità di certe locomotive.

§. 7. I cambiamenti nel *regolamento delle corse* e delle *tariffe*, e nelle prescrizioni pel *trasporto delle persone e cose*, dovranno essere portati a pubblica notizia 14 giorni prima d'entrare in attività.

Anche la *sospensione d'accettazione*, che per improvvisi avvenimenti si rendesse temporariamente necessaria, in tutto od in parte, dovrà essere portata a pubblica notizia.

§. 8. Le imprese di strade-ferrate sono obbligate a trasportare al tempo debito *tutte* quelle persone che adempiono alle condizioni d'accettazione, e tutte le cose consegnate all'impresa sotto le prescritte condizioni, in quanto però ciò sia possibile, secondo i mezzi d'esercizio che vi si trovano, e non si verifichino turbamenti affatto impreveduti ed inevitabilili.

§. 9. Possono essere escluse dall'accettazione, e rispettivamente anche dalla ulteriore corsa, soltanto quelle persone, che si trovano in istato d'ubbriachezza, che, coll'offendere la decenza, danno scandalo agli altri viaggiatori, che non vogliono sottomettersi agli ordini prescritti per riguardi di sicurezza dal personale di sorveglianza, e di scorta al treno, o che portano segni esterni ed evidenti di una malattia, di carattere sospetto, oppure tali, che il loro stato debba evidentemente essere d'incomodo agli altri viaggiatori.

È però in facoltà delle imprese di trasportare anche le due classi d'individui menzionate per ultimo, qualora il trasporto avvenga in spazii separati, ed, al bisogno, sotto sorveglianza.

§. 10. Sotto quali modalità debbano trasportarsi sulle strade-ferrate i condannati, le persone arrestate o custodite, o quelle poste sotto sorveglianza della Polizia insieme al personale di custodia che loro serve di scorta, vien determinato da speciali prescrizioni di legge.

§. 11. In ogni stazione, tanto principale che di accettazione, dovranno essere esposti nei locali d'accettazione pei passeggieri dei libri per le lagnanze, convenientemente paginati, e muniti del suggello della Direzione d'esercizio sovra un filo tirato attraverso i singoli fogli, e in questo possono i viaggiatori annotare le lagnanze, che avessero a fare, indicando il loro nome, condizione e domicilio.

§. 12. Le imprese di strade-ferrate devono aver cura che le merci accettate pel trasporto siano convenientemente preservate da ogni dannosa influenza.

Sono esclusi dal trasporto coi treni di persone oggetti di pirotecnica, preparati fulminanti, polvere ardente e materie esplodenti.

Anche le capsule da fucile, i solfanelli per attrito e per immersione, ed altre materie facilmente infiammabili per attrito, come pure liquidi, che per lo scolamento potrebbero guastare gli altri oggetti, od altre cose che potrebbero riescir dannose per la loro qualità, possono essere trasportati solo sotto l'osservanza delle prescritte apposite precauzioni, e soltanto in via d'eccezione coi treni di persone. Fuori di tali casi, è permesso il trasporto di simili oggetti soltanto coi treni di merci, devono essere consegnati con una precisa dichiarazione separatamente dagli altri oggetti, e con ispeciali lettere di porto, e in generale nel loro trasporto devesi far uso di tutte le necessarie precauzioni.

§. 13. Non possono di regola prendersi con sè sotto alcun pretesto, nè trasportarsi altrimenti sulla strada-ferrata

armi da fuoco *cariche*. I conduttori sono autorizzati a visitare le armi da fuoco che si consegnano, o si prendono con sè.

Trasportandosi persone militari, gendarmi od altri agenti di sicurezza, qualora la truppa debba occupare un vaggone, in cui trovinsi altri passeggieri, il comandante della stessa, immediatamente prima di salirvi, dovrà provare che i fucili sono scarichi coll' immettere la bacchetta nella canna in presenza di un impiegato addetto alla strada-ferrata.

Trattandosi invece di trasporti militari più numerosi, pei quali sono destinati treni speciali o almeno vaggoni affatto separati, non potranno gli impiegati della strada-ferrata insistere, perchè si abbia a visitare se i fucili siano carichi o no, e si rimette intieramente in facoltà della relativa autorità militare l' ordinare in quale stato debbano trovarsi i fucili durante la corsa sulla strada-ferrata.

§. 14. — a) *Istruzioni agli impiegati ed inservienti*. — Queste istruzioni, delle quali saranno provveduti gli impiegati e gl'inservienti (§. 3), da assumersi per l' eserciaio della strada-ferrata, devono essere esposte al pubblico in ogni stazione, tanto principale, che di accettazione.

§. 15. Quegl' impiegati di un' impresa di strada-ferrata, che vengono a contatto col pubblico, devono sempre trattare con esso con decoro ed urbanità.

Tanto quelli che sono addetti alla custodia della strada-ferrata, quanto quelli destinati a trattare col pubblico, devono sempre fare il servizio in uniforme, od essere muniti di uno speciale distintivo.

§. 16. — f) *Turbamenti dell' esercizio ed infortunii*. — Quando per accidenti elementari o per altri straordinarii avvenimenti venga turbata la regolarità delle corse, o vengano queste del tutto interrotte, dovranno le direzioni d' esercizio aver cura che colla possibile sollecitudine vengano prese le convenienti misure e gli opportuni provvedimenti per rimuovere la causa del turbamento o dell' interruzione, od abbreviarne possibilmente la durata.

Se in simili casi le circostanze sono tali che il trasporto della posta o dei passeggieri sia reso impossibile su qualche tratto della strada-ferrata, dovranno le direzioni d' eserciaio procurare possibilmente l' ulteriore trasporto della posta e dei viaggiatori.

In quanto in simile caso debba aver luogo una restituzione del prezzo di corsa stato pagato e chi abbia a sostenere le spese dell' ulteriore trasporto, dovrà decidersi a norma delle prescrizioni d' accettazione, e secondo le disposizioni di questa legge sulla risponsabilità delle imprese di strade-ferrate.

§. 17. Le imprese d' eserciaio e le direzioni sono obbligate a far uso, all' atto dell' esercizio, di tutti quei mezzi che sono indicati dalla pratica e dalla scienza per prevenire e stornare gli infortunii.

§. 18. Se, ciò non ostante, avvenisse un infortunio, tutti gl'impiegati della strada-ferrata sono tenuti, sotto stretta risponsabilità, a porgere il necessario soccorso, per quanto è possibile, ai pericolati, ed a mettere in opera ogni mezzo per alleviare possibilmente il danno già avvenuto, ed impedirne l' ulteriore estensione.

§. 19. — *Responsabilità*. — Le imprese di strade-ferrate sono responsabili pei danni che per colpa loro propria, o dei loro impiegati ed inservienti, ebbero a riportare le persone o le cose:

1.° a tenore dell' obbligazione assunta e delle speciali ordinanze di legge in vigore per tale responsabilità;

2.° in mancanza di queste, secondo le

prescrizioni del Codice civile generale riguardo al risarcimento dei danni.

§. 20. Le imprese d'esercizio sono responsabili per la costruzione e la manutenzione di tutto ciò che, a giudizio della competente autorità politica, venne riconosciuto necessario per la costruzione e per l'esercizio della strada-ferrata, per strade, ponti, traverse e passaggi di strade, recinti, ecc., o simili edifizii.

§. 21. — h) *Qualità delle locomotive.* — Le locomotive da adoperarsi sulle strade-ferrate ponno porsi in esercizio soltanto dopo di essere state assoggettate alla visita tecnica e di polizia per parte di una Commissione composta d'impiegati dell'ispezione generale (§. 75), dell'autorità di sicurezza, e di un tecnico da assumersi da quest'ultima, e di essere state in seguito a tale visita riconosciute ammissibili. In generale si dovrà attenersi alle prescrizioni generali di sicurezza, che saranno del caso.

§. 22. — i) *Vaggoni per le persone e per le merci.* — Tutti i vaggoni per le persone dovranno essere muniti delle corrispondenti molle e cuscinetti elastici; devono anche nell'ultima classe essere riparati con finestre, e devono potersi aprire per di dentro senza molta fatica; ma nei vaggoni, che hanno le portiere laterali, devono queste essere assicurate con doppia serratura.

Nelle corse di nottetempo o fatte altrimenti all'oscuro, si dovrà illuminar convenientemente l'interno di tutti i vaggoni per le persone.

§. 23. Sopra ogni vaggone da merci si dovrà indicare in modo visibile e durevole il peso suo proprio, come pure il peso, di cui esso può caricarsi.

§. 24. Oltre la visita regolare dei vaggoni di trasporto da farsi dopo ogni corsa, le direzioni d'esercizio sono pure obbligate ad una revista periodica dei vaggoni stessi, all'atto della quale devono levarsi anche le ruote ed il carro, e se ne dovranno tenere dei registri, dai quali possa con chiarezza rilevarsi l'epoca in cui avvenne la rivista, lo stato in cui i vaggooi vennero di volta in volta trovati, e le riparazioni eseguite.

A questo scopo ogni vaggone deve esser segnato con un numero progressivo.

§. 25. — k) *Composizione dei treni.* — Anche quando il terreno sia favorevole, non potranno porsi in moto in un solo treno più di 200 assi, quando la celerità sia quella dei treni di merci, e non più di 100 colla celerità dei treni di persone.

§. 26. In ogni treno deve esservi un numero di freni di potente azione a norma di quaoto è prescritto dalle istruzioni, avuto riguardo alla inclinazione della strada ed al carico del treno.

§. 27. In ogni treno, i vaggoni di persone o di merci devono essere posti nell'ordine conveniente pei riguardi di sicurezza. Tra la macchina ed il primo vaggone di persooe deve esser posto almeno un vaggone senza persone.

Composto il treno, deve farsene di volta in volta la rivista a norma delle istruzioni.

Legname lungo non può mai venir trasportato sullo stesso treno con persooe.

§. 28. La macchina che lavora deve, di regola, trovarsi alla testa del treno. Solo in casi di necessità è permesso il contrario, ma allora non si può far uso che, tutto al più, della metà della celerità indicata al §. 6.

§. 29. Di regola, il *tender* non può precedere la locomotiva, il che può aver luogo solo eccezionalmente, quando una locomotiva di sussidio venga spedita incontro ad un treno che arriva, quando

si tratti di treni di lavoro, di revisioni delle strade, alle stazioni, e nell' alimentare la caldaia della locomotiva.

§. 30. Oltre il personale destinato pel servizio, nessuno potrà, senza speciale permesso, farsi condurre sulla locomotiva.

§. 31. Non è permesso di spingere avanti un vaggone di trasporto per rompere il ghiaccio, od una macchina per rimuovere la neve, quando ciò avvenga in immediata unione con treni, coi quali si trasportano persone.

§. 32. — l) *Precauzioni durante la corsa.* — Quando *più* treni partono l' un dopo l' altro da *una* stazione nella stessa direzione, un treno di persone potrà tener dietro ad un treno di merci soltanto 13 minuti dopo, un treno di persone ad un altro treno di persone soltanto 10 minuti dopo, un treno di merci ad un treno di persone soltanto 5 minuti dopo la partenza del treuo precedente.

Inoltre, non ponno i treni, durante la corsa, avvicinarsi l' un l' altro a distanza minore di 500 klafter.

I custodi della strada-ferrata sono in ispecial modo tenuti a far sì che i treni non si trovino mai ad un intervallo minore.

§. 33. I casi, in cui si dovrà rallentare convenientemente la velocità permessa ai treni in generale, o fermare del tutto un treno, sono determinati nella istruzione.

§. 34. Non si può cercare un compenso al tempo che si fosse perduto, coll' aumentare la celerità oltre la misura prescritta al §. 6.

§. 35. Se la strada ha una doppia rotaia in istato da servire alle corse, dovranno i treni percorrer sempre la rotaia, che sta *a destra* nella direzione del treno. Quest' ordine deve essere rigorosamente osservato. È concessa un' eccezione solo quando da un treno, che si trovi sulla strada, venga dimandata una macchina di sussidio.

§. 36. Se la strada ha *una sola* rotaia, ed è munita soltanto di tratti a doppia guida per evitare gli incontri, il treno che ha la rotaia secondaria alla sua destra dovrà sempre percorrere questa, mentre l' altro treno resta sulla rotaia principale.

Si permettono eccezioni solo quando si tratti di evitarsi presso le stazioni, secondo le speciali istruzioni da comunicarsi ai custodi della strada.

§. 37. I treni straordinarii sono da ordinarsi in guisa, che per essi non venga turbato l' andamento dei treni regolari per le persone. Prima della partenza di tali treni, tutti i custodi della strada-ferrata devono esserne avvertiti.

§. 38. Singole macchine percorrenti la strada sono, di regola, da trattarsi come treni straordinarii anche per riguardo alla prescritta celerità della corsa (§ 6).

Relativamente a quest' ultima prescrizione, si concedono eccezioni solo in caso di prove delle macchine fatte da commissioni.

§. 39. Il personale di scorta destinato ad invigilare sul treno, deve, durante la corsa, occupare un posto opportuno per l' efficace vigilanza sul treno, e per riconoscere i segnali.

§. 40. Ad ogni stazione maggiore deve trovarsi un orologio facilmente visibile, e da illuminarsi nell' oscurità. In ogni casa pei custodi della strada, deve esservi un orologio da regolarsi secondo un orologio normale.

Ogni conduttore di locomotiva, quando sia di servizio, deve sempre portar seco un orologio da tasca regolato in simil guisa.

§. 41. — m) *Custodia della strade e segnali.* — La strada deve essere convenientemente recinta, dove ciò è particolarmente prescritto dall' autorità per evitare infortunii.

I passaggi devono munirsi di forti barriere alla distanza di 12 piedi almeno dal mezzo della rotaia più vicina.

Almeno 5 minuti prima dell' arrivo del treno, devono essere chiuse le barriere dei passaggi delle strade.

Dieci minuti prima che si aspetti l'arrivo del treno, non potranno più condursi delle mandre attraverso la strada.

In quanto i passaggi sulla strada debbano venir pur essi illuminati, vien determinato in particolare secondo le circostanze locali.

§. 42. La visita della strada per parte dei custodi della medesima e la vigilanza sui cambi per parte degli stessi, dee farsi a tenore di un' istruzione.

§. 43. Ogni treno, al quale debba tenerne dietro un altro a breve intervallo di tempo, deve essere munito d' un segnale, che indichi questa circostanza.

§. 44. La strada dovrà essere munita di segni divisionali che si possano chiaramente riconoscere stando sul treno. Così pure dovranno erigersi, nei punti dove si cambia il pendio, dei segnali, sui quali possano riconoscersi distintamente le proporzioni delle altezze alle lunghezze.

§. 45. Quei tronchi, che in nessun tempo, o solo temporariamente ponno esser percorsi colla velocità prescritta al §. 5, devono essere indicati come tali con segnali non equivoci, facilmente visibili dal treno.

§. 46. Ad ogni treno in moto nella oscurità, devono essere di fuori apposte delle lanterne, che rendano possibile di riconoscere la direzione del treno, e facciano accorto il personale di scorta, se mai se ne staccasse una parte.

§. 47. Per tutti i movimenti della locomotiva sulla strada devono darsi i debiti segnali.

I treni da lavoro devono, almeno 1/4 d' ora prima che si attenda il più sollecito arrivo d' un altro treno, abbandonare la rotaia percorsa da questo.

§. 48. Per treni di passaggio non sono permessi i cambii, i quali, quando non siano esattamente posti, potrebbero far deviare i treni dalla rotaia.

Ai punti dove avvengono i cambii dei treni di passaggio, devono apporsi segnali, che tanto di giorno, quanto all' oscuro, facciano riconoscere quale rotaia sia aperta al treno sopravvegnente.

§. 49. Devono darsi disposizioni tali che possa sempre aver luogo una sicura comunicazione del personale di scorta del treno col macchinista, e che possano darsi i segnali indicati nei paragrafi dal 50 fino al 54 inclusivamente.

§. 50. I custodi della strada devono poter dare in modo non equivoco al treno che s' avvicina i seguenti segnali:

a) Che nessun ostacolo impedisce di percorrere con sicurezza la strada;

b) che si debba rallentare la corsa, o

c) che si debba fermarsi del tutto.

§. 51. Il personale di scorta del treno dee poter dare il segnale di fermata o di rallentamento.

§. 52. I conduttori delle locomotive devono poter dare il segnale di stare in guardia, di stringere e rallentare i freni.

§. 53. Lungo la strada devono potersi dare, in ambe le direzioni, almeno i segnali che il treno *non* parte, che il treno *è partito* dalla prossima stazione, e che debba venire una macchina di sussidio.

§. 54. Tutti i segnali indicati nei paragrafi precedenti, devono potersi dare anche quando non esista telegrafo, o che questo sia stato guastato.

B. ***Obblighi degli impiegati ed inservienti addetti alle strade-ferrate dello Stato.***

§. 55. — a) *Quando l' esercizio della strada-ferrata avvenga immediatamente a cura dell' amministrazione dello Stato.* — Gli impiegati ed inservienti di quelle strade-ferrate dello Stato, il cui esercizio viene regolato immediatamente dall' amministrazione dello Stato, ne ricevono delle esatte prescrizioni di servizio. Essi sono responsabili dell' esatta osservanza di questa legge in generale, ed in particolare dell' osservanza delle loro istruzioni di servizio.

Ogni trascuranza o trasgressione di questa istruzione trae con sè una pena, o disciplinare (Sezione *D*) o in via penale giudiziaria, oppure tanto nell' una che nell'altra via. Oltre a ciò, il contravventore rimane responsabile anche per ogni danno in tal guisa cagionato.

Gli impiegati ed inservienti addetti alla strada sono tenuti a porre in opera ogni precauzione ed attenzione per conservare completamente l' ordine, la regolarità e la sicurezza dell'esercizio, ed ovviare agli infortunii, anche quando i casi di cui si tratti non fossero preveduti in modo speciale nella prescrizione di servigio.

§. 56. Gli altri rapporti degli individui addetti alle strade-ferrate, esercitate immediatamente dallo Stato, coll'amministrazione pubblica, saranno determinati da un regolamento di servigio.

§. 57. — b) *Quando l'esercizio sia appaltato.* — Quando sulle strade-ferrate dello Stato l' esercizio non sia diretto immediatamente dall' amministrazione dello Stato, ma affidato ad una persona od associazione privata, incombono a queste (senza derogare ai rapporti di contratto che esistessero coll'amministrazione dello Stato), non che agli impiegati ed inservienti nominati da tali persone ed associazioni private, per riguardo all' esercizio della strada-ferrata, tutti quei doveri ed obblighi, che in questa legge in generale, ed in ispecial modo nella susseguente Sezione (*C*), sono imposti alle *imprese private di strade-ferrate* ed ai loro impiegati ed inservienti.

C. *Doveri delle imprese di strade-ferrate private, e dei loro impiegati ed inservienti.*

§. 58. — *Ottenimento della concessione.* — In qual modo debba ottenersi la concessione per una strada-ferrata privata, che cosa debba a tale oggetto farsi e provarsi, sotto quali condizioni sia lecito di formare a tale scopo un' associazione in genere, ed una società per azioni in particolare, vien determinato più precisamente nella legge per le concessioni di strade-ferrate, come pure nelle leggi sulle associazioni in generale, e sulle società per azioni in particolare.

§. 59. — c) *Istituzione d' una direzione.* — Ogni società privata, debitamente autorizzata all'esercizio d'una strada-ferrata, è obbligata ad istituire una speciale direzione per regolare tale esercizio, e le persone componenti questa direzione, come pure quelle, che sono autorizzate a firmare in nome della società, dovranno notificarsi al ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni, ed anche al luogotenente nel cui territorio si trova la strada od il tronco di strada-ferrata. Sussiste lo stesso obbligo per ogni cambiamento che vi avvenisse.

§. 60. La direzione si considera in

faccia all' amministrazione dello Stato ed al pubblico come mandataria dell' associazione, la quale è risponsabile, in via civile, per tutte le azioni ed omissioni di questa direzione.

Oltre a ciò, tutti i membri della direzione sono essi pure responsabili personalmente per tutte le azioni ed omissioni aventi relazione coll' esercizio della strada-ferrata.

§. 61. — d) *Obbligo di tenere in evidenza gli impiegati ed inservienti.* — Ogni impresa di strade-ferrate, e rispettivamente la direzione delle medesime, è obbligata a presentare al ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni, come pure al luogotenente del dominio in cui trovasi la strada od il tronco di strada-ferrata, un esatto elenco di tutti gli impiegati ed inservienti addetti alla strada; al qual uopo verrà pubblicato dall' amministrazione dello Stato uu formolario, di cui si dovranno con verità ed esattezza riempiere tutte le rubriche, e nella stessa maniera si dovranno recare a cognizione del ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni e del luogotenente, in epoche periodiche da stabilirsi dal ministero suddetto, tutti i cambiamenti, che avvengono nello stato di questi impiegati ed inservienti.

§. 62. — e) *Istruzioni e doveri di questi impiegati ed inservienti.* — Le differenti classi del personale d' esercizio devono essere munite delle prescrizioni pel servizio ed istruzioni, in cui devono precisamente e circostanziatamente indicarsi i loro doveri e le prescrizioni impartite a loro norma pel mantenimento dell' ordine, della regolarità e sicurezza dell' esercizio.

Si dovrà pure rilasciare una normale per istabilire le qualità necessarie per i varii posti di servizio.

Queste prescrizioni di servizio, e l'accennata normale, dovranno essere presentate dall' impresa d' esercizio all' amministrazione dello Stato ancora *prima* della loro attivazione (le prescrizioni di servigio ed istruzioni già introdotte prima dell' emanazione della presente legge, entro un mese dopo la pubblicazione della stessa), e si dovranno osservare e seguire le avvertenze che l' amministrazione dello Stato trovasse di fare per riguardi di pubblico bene.

§. 63. Le prescrizioni impartite nel §. 55 agli individui addetti all' esercizio delle strade-ferrate dello Stato, esercitate dall' amministrazione pubblica per istabilire e mantenere l' ordine, la regolarità e la sicurezza dell' esercizio, e per evitare gl' infortunii, valgono anche per gli impiegati ed inservienti addetti alle strade-ferrate private (ed alle strade dello Stato esercitate da persone private).

Nei sensi del §. 55 dovrà pure punirsi rigorosamente in questi impiegati ed inservienti, ogni trascuranza nel servizio, ed ogni trasgressione delle istruzioni e di questa legge, e rimangono essi, oltre a ciò, responsabili per ogni danno, che ne provenisse.

§. 64. — f) *Tenuta dei conti.* — Le imprese di ferrovie private sono obbligate a tenere un esatto e chiaro conteggio per tutte le parti della loro amministrazione, ed osservare in esso tutte le istruzioni, che per motivi di pubblico riguardo pervenissero loro dal ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni, nonchè a permettere in ogni tempo ai delegati di questo ministero specialmente di ciò incaricati, l' ispezione di questi conti, e di tutti gli atti relativi all' esercizio, e dei libri sotto qualsivoglia denominazione, e a somministrare tutte le prove e notizie, che da loro si richiedessero.

§. 65. — g) *Pagamento delle imposte.* — In quanto dalle imprese di strade-ferrate private, o dai capitali, fondi ed edifizii destinati al loro uso debbansi pagare diritti d' imposta, di bollo od altri, viene stabilito nelle relative prescrizioni sulle imposte.

§. 66. — h) *Regolamento delle corse, tariffe e condizioni per l' accettazione.* — Le imprese di strade-ferrate private sono tenute a presentare all' amministrazione dello Stato il regolamento delle corse da esse stabilito, le tariffe e le prescrizioni relative al trasporto di persone e cose (§. 4) prima di pubblicarle, e prima di introdurvi qualche cambiamento.

In ispecial modo l' amministrazione dello Stato, presi in considerazione i diritti esistenti, è autorizzata a moderare per motivi di pubblico riguardo gli eccessivi importi delle tariffe, a regolare l' ordine delle corse con riguardo alla coincidenza con altre strade-ferrate, ed a stabilire la qualità dei mezzi d' esercizio.

§. 67. Quanto nel §. 66 venne ordinato per la tariffa in generale, vale anche pei diritti d' assicurazione, ed altri diritti accessorii da stabilirsi dalle imprese di strade-ferrate private.

§. 68. — i) *Obbligo d' inoltrare la posta.* — Le imprese di strade-ferrate sono obbligate ad inoltrare gratuitamente la posta.

Le modalità di questo inoltro vengono determinate dal ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni, avuto riguardo alle circostanze di tempo, od altre che si verificassero.

La posta è autorizzata a servirsi di proprii vaggoni di posta, e ad esigere dall' impresa della strada-ferrata il gratuito inoltro degli stessi, nonchè degli inservienti ed impiegati accompagnanti le spedizioni postali, e l' opportuna sorveglianza e custodia di qoesti vaggoni nei locali dell' impresa.

§. 69. — k) *Trasporti militari.* — Quando si voglia far uso della strada-ferrata pel trasporto di truppe o di effetti militari, l' impresa, dietro ordine del comando militare di una provincia, d'un corpo d' armata, o di un altro comando militare superiore o del ministero della guerra, è tenuta a porre a disposizione dell' amministrazione militare, subito ed a preferenza d' ogni altro trasporto, tutti gli occorrenti mezzi d' esercizio verso un conveniente indennizzo da stabilirsi di reciproco accordo (che non potrà però mai superare i soliti prezzi di tariffa).

Qualora venissero perciò interrotti i treni regolari, si dovrà inoltrare la posta col treno di trasporto militare.

§. 70. — l) *Nello stato d' assedio ed in tempi di guerra.* — Nello stato d' assedio, ed in tempi di guerra, la competente autorità militare ha il diritto, in quanto lo comandino viste strategiche od altre viste militari, di prevalersi in tutto od in parte a scopi militari dell' esercizio della strada-ferrata, od anche di sospenderlo.

D. *Sorveglianza e controlleria.*

§. 71. — 1. *Da parte della direzione della strada-ferrata.* — L' immediata sorveglianza sugli impiegati ed inservienti compete alla direzione della strada-ferrata.

Questa è tenuta a sorvegliare, che tutti gli impiegati ed inservienti si attengano esattamente alle loro istruzioni, ed adempiano fedelmente ai loro doveri, e che le prescrizioni di legge emanate per la sicurezza e per l' ordine dell' esercizio siano debitamente osservate.

§. 72. La direzione è responsabile per l' adempimento di quest' obbligo.

Le compete però anche il diritto di infliggere pene di ordine e disciplinari agli impiegati ed inservienti, che mancano al loro dovere, *a norma delle relative prescrizioni di servigio ed istruzioni.*

§. 73. — 2. *Per parte dell' ispezione generale.* — La sorveglianza e cotrolleria superiore pel mantenimento della sicurezza e dell' ordine dell' esercizio delle strade-ferrate (e ciò tanto presso le strade dello Stato, quanto presso quelle private) viene esercitata da un' *ispezione generale* delle strade-ferrate da istituirsi all' uopo (composta d' un ispettore generale e di commissarii a lui subordinati), la cui sfera d' attività vien determinata da una particolare istruzione di servizio. Questa ispezione generale è immediatamente subordinata al ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni.

§. 74. — a) *In generale.* — L' ispezione generale è obbligata in genere a vegliare accuratamente sull' esatta osservanza di tutte le prescrizioni di legge che si riferiscono all' esercizio delle strade-ferrate, e particolarmente della presente legge, a rimuovere colla possibile sollecitudine i difetti, che si venissero a scoprire, ed a procurare che i colpevoli vengano sottoposti alle punizioni di legge.

§. 75. — b) *Riguardo allo stato di costruzione della strada.* — L' ispezione generale deve, in ispecial modo, dirigere la propria attenzione sullo stato di costruzione della strada-ferrata, degli edifizii ed altri oggetti attinenti alla medesima, ed obbligare le direzioni d'esercizio, e, secondo le circostanze, anche le imprese, a rimediare, colla possibile sollecitudine, a tutti i difetti, imperfezioni e danni prodotti da qualsivoglia causa, che pongano in pericolo la sicurezza e regolarità dell' esercizio, ed a ripristinare lo stato normale.

§. 76. — c) *Riguardo ai mezzi di esercizio.* — In egual modo incombe all' ispezione generale il dovere di sorvegliare lo stato dei mezzi d' esercizio (di tutto il fondo istrutto per l' esercizio), come pure dei mezzi necessarii a prevenire gl' infortunii ed a porvi riparo quando avvengano, e ad obbligare le imprese ad aver cura che questi oggetti si trovino sempre nella debita quantità e qualità.

§. 77. — d) *Riguardo al regolamento delle corse, alle tariffe, ed alle prescrizioni pel trasporto di persone e cose.* — L' ispezione generale è obbligata ed aver cura che il regolamento delle corse, le tariffe e le prescrizioni pel trasporto di persone e cose, fatte conoscere al pubblico, vengano esattamente osservate, e che colla possibile sollecitudine si faccia ragione a tutti i fondati reclami che si elevassero in proposito.

In casi di turbamento dell' esercizio della stada-ferrata, o di infortunii, l' ispezione generale ha il diritto ed il dovere di chiedere il più sollecito ed efficace riparo tanto all' impresa d'esercizio, quanto a tutti gli impiegati ed inservienti della strada.

§. 78. — e) *Riguardo agli impiegati ed inservienti.* — L' ispezione generale ha pure il diritto ed il dovere di sorvegliare tutti gl' impiegati ed inservienti (delle strade-ferrate tanto private che dello Stato) nelle loro funzioni, di sottoporre e severa responsabilità a norma di questa legge o delle altre ordinanze, che potessero sussistere in proposito, tutti coloro che si rendessero colpevoli d' una trascuranza delle loro istruzioni o di questa legge, oppure di qualsivoglia altra negligenza di servizio, o di denunziarli, secondo la qualità del caso, al competente giudizio penale per la punizione.

§. 79. — aa) *Potere disciplinare in genere dell' ispezione generale.* — L'importanza dell'esercizio delle strade-ferrate pel pubblico bene rende necessario di concedere all' ispezione generale un potere disciplinare sopra tutti gli impiegati ed inservienti addetti alle strade-ferrate dello Stato e private, e di autorizzarla ad infliggere a questi impiegati ed inservienti (ad eccezione delle direzioni e dei loro membri menzionati al §. 85) pene d' ordine e disciplinari, a seconda della trasgressione di servizio di cui si resero colpevoli; cioè agli impiegati ed inservienti delle strade dello Stato, le pene d' ordine menzionate al §. 80, ed agli impiegati ed inservienti delle strade dello Stato, le pene d' ordine e di disciplina dei §§. 80, 81 e 83. L' ispezione è pure autorizzata a dare esecuzione a tali pene trattandosi d' impiegati ed inservienti delle strade ferrate dello Stato, e trattandosi di impiegati ed inservienti di strade-ferrate private, è autorizzata ad indicarle alla direzione, e ad insistere perchè vengano da questa fatte eseguire.

§. 80. — bb) *Disposizioni pel mantenimento dell' ordine.* — Si dichiarano disposizioni pel mantenimento dell'ordine:

1.° L'*ammonizione*, cioè il semplice ricordo dei doveri di servigio incombenti all' impiegato od inserviente.

2.° La *censura*, cioè il severo biasimo di una trasgressione occorsa nel servizio, rammentando in pari tempo le conseguenze di legge di una ripetuta trasgressione dei doveri.

§. 81. — cc) *Pene disciplinari.* — Le pene disciplinari da infliggersi secondo questa legge sono:

1.° Redarguizioni, a cui deve sempre congiungersi la minaccia di pene disciplinari più gravi pel caso di recidiva.

2.° Pene pecuniarie fino all' importo dello stipendio o salario di un mese.

3.° La sospensione dal servizio pel tempo, in cui è pendente una investigazione disciplinare o giudiziaria penale.

4.° L' allontanamento dal servizio.

Quest' ultimo può essere pronunciato o per un tempo determinato o per sempre, tanto in generale quanto per uno speciale ramo d' affari, quando dall' investigazione risultasse che il colpevole, per le sue cognizioni, o per la sua indole, o per aver dato ripetute prove di mancanza dell' attività od attenzione necessarie, non è atto o pel servigio in generale o per un determinato ramo di esso.

Trattandosi di una esclusione temporanea si dovranno pure indicare le condizioni, che devono adempiersi pel caso del reimpiego.

§. 82. — dd) *Decisioni, e rimedii di legge contro di esse.* — Queste pene sono da commisurarsi a norma delle circostanze aggravanti o mitiganti, che si verificano, avuto riguardo al grado ed alla qualità della commessa mancanza, alla eventuale recidiva, al maggiore o minore pericolo che ne provenne, od all' entità del danno effettivamente cagionato.

Tanto l' ispettore generale, quanto i commissarii delegati sono autorizzati ad infliggere le pene, di cui al §. 80, 1 e 2, ed al §. 81, 1, 2 e 3, come pure ad allontanare dal servizio il personale di custodia; l' allontanamento dal servigio degli impiegati e del rimanente personale di servigio può essere pronunciato soltanto dall' ispettore generale.

Ogni pena di questo genere deve, del resto, pronunziarsi dietro regolare verificazione del fatto od investigazione, con decisione convenientemente motivata da rimettersi in originale all' individuo punito ed in copia d' ufficio alla direzione a cui esso è sottoposto.

Le autorità di sicurezza e di polizia sono obbligate a prestare appoggio alla

ispezione generale per una tale investigazione (p. e. coll' esaminare testimonii, ecc.).

Contro tutte le menzionate decisioni può dirigersi ricorso al ministero del commercio.

Questo ricorso dovrà essere presentato al più tardi 14 giorni dopo l' intimazione della decisione, e non ha effetto sospensivo nei casi 3 e 4 del §. 81.

§. 83. — ee) *Tabelle di qualificazione*. — Ogni pena pronunciata dovrà annotarsi convenientemente nelle tabelle di qualificazione da tenersi per gl' impiegati ed inservienti di strade-ferrate, per le quali si stabiliranno dei formolarii dall' amministrazione dello Stato.

§. 84. — *Esecuzione delle decisioni*. — Le direzioni d' esercizio delle strade-ferrate, come pure le direzioni delle società private di strade-ferrata, sono tenute ad eseguire le decisioni pronunciate secondo le prescrizioni di questa legge, come pure a prestarsi prontamente a tutte le disposizioni dell' ispezione generale, emanate per mantenere l'ordine e la sicurezza dell' esercizio delle strade-ferrate.

In particolare, un individuo destituito per una decisione passata in giudicato, non può essere impiegato presso alcuna strada-ferrata dell' impero austriaco per quel ramo di servigio, al quale si riferisce la decisione, senza speciale permesso del ministro del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni.

§. 85. — *Pene contro la direzione ed i membri delle imprese*. — Qualora una direzione d' esercizio delle strade-ferrate dello Stato, od una direzione di una società privata di strada-ferrata, si rifiutasse di eseguire indilatamente le decisioni od ordinanze della ispezione generale, o qualora, in non creduta ipotesi, i membri della direzione stessa si rendessero colpevoli di un' azione od omissione, di una trasgressione di questa legge o di altre ordinanze emanate per l' esercizio delle strade-ferrate, l' ispezione generale è tenuta a farne, senza dilazione, denuncia al ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni.

Il ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni ha diritto, in tali casi, di applicare le pene disciplinari, menzionate al §. 81, ai direttori d' esercizio delle strade-ferrate dello Stato e private, e trattandosi di strade-ferrata private, di sottoporre alle pene di legge, col mezzo della competente autorità, anche i membri delle associazioni per tali strade, che si fossero resi colpevoli.

Anche le rispettive Luogotenenze hanno il diritto di obbligare le imprese private di strade-ferrate, in seguito a risoluzioni prese collegialmente, con multe da 100 fior. (L. A. 300) a 2000 fior. mon. di conv. (L. A. 6000), o con altri mezzi legali, ad adempiere, entro un termine da prestabilirsi, i doveri che loro incombono pel mantenimento dell' ordine e della sicurezza.

Le relative multe devono esigersi dalle Luogotenenze quando sia trascorso infruttuosamente il termine. Se la strada-ferrata od i mezzi d'esercizio della stessa fossero decaduti per modo da renderne pericoloso l' uso e l' esercizio, dovrà il ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni sospendere l' esercizio sull' intiera strada, o sopra i singoli tronchi, in cui ciò fosse avvenuto, ed ordinarne all' occorrenza la ripristinazione per parte dello Stato a spese della società.

§. 86. — 4. *Impiego delle multe disciplinari*. — Tutte le multe inflitte secondo questa legge in via disciplinare si

devolvono al fondo di pensione dell'impresa di strada-ferrata, o qualora non esistesse un tal fondo, quando è l'impresa privata che come tale paga la molta la si deve versare al fondo dei poveri del luogo o del comune, in cui il condannato ha il proprio domicilio.

§. 87. — 5. *Azioni degli impiegati della strada-ferrata proibite dalla legge giudiziaria penale.* — Se un impiegato della strada-ferrata, in oggetti aventi relazione all'esercizio della strada-ferrata, si rendesse colpevole di un'azione od omissione dichiarata punibile dalle leggi penali generali, verrà egli colpito anche dalla pena comminata dalle leggi penali, la quale dovrà essere pronunziata dal competente giudizio.

Per un tal caso, la procedura disciplinare dovrà essere compita bensì indipendentemente dalla procedura penale, e se anche dal giudizio venisse pronunziata una sentenza di assoluzione, la pena disciplinare però che fosse stata pronunciata (ad eccezione di una sospensione di servizio, che si rendesse prima necessaria) dovrà essere eseguita solo dopo compita la procedura del giudizio penale, e così pure nell'esecuzione di questa pena disciplinare si dovrà avere il conveniente riguardo alla sentenza pronunciata dal giudizio.

§. 88. — 6. *Spese di sorveglianza.* — Le spese dell'ispezione generale sono sostenute in genere dallo Stato; d'altra parte, le imprese di strade-ferrate sono tenute ad accordare viglietti gratuiti pei vaggoni di prima classe agli impiegati dell'ispezione generale, ed agli impiegati politici e di polizia, quando occorra ad essi di far viaggi di servizio per affari della strada-ferrata.

§. 89. Le imprese d'esercizio delle strade-ferrate private sono pure obbligate a restituire all'amministrazione dello Stato, mediante una somma aversuale da determinarsi dal relativo ministero, quel soprappiù di spese cadente a carico dell'I. R. Erario, a cagione della strada stessa, per la sorveglianza di polizia propriamente detta (specialmente secondo la sezione II di questa legge) e per la sorveglianza finanziaria.

Le imprese di esercizio dovranno pure prendersi cura delle operazioni relative alla costrozione e conservazione delle necessarie località d'ufficio, e del decente ricovero degli impiegati ed inservienti, nei casi, in cui ciò venisse riconosciuto necessario dal competente ministero.

§. 90. — 7. *Sorveglianza ed ispezione per parte degli agenti di polizia.* — Sebbene pei principii sovraccennati l'immediata sorveglianza e controlleria dell'esercizio delle strade-ferrate nei rapporti tecnici amministrativi competa all'ispezione generale, ed in ultima istanza al ministero del commercio, dell'industria e delle pubbliche costruzioni, saranno però tenute, tanto le imprese di strade-ferrate, quanto i loro impiegati ed inservienti, ad osservare le leggi generali di polizia, e soggiacciono per questo riguardo alla sorveglianza degli agenti di pubblica sicurezza e delle autorità politiche.

§. 91. — 8. *Forza obbligatoria delle prescrizioni per le imprese di strade-ferrate privilegiate e munite di concessione.* — Dal giorno in cui questa legge entra in attività, soggiacciono alle prescrizioni ed obblighi che vi sono contenuti anche le imprese di strade-ferrate già munite di concessione e privilegio.

Acquisti di nuovi mezzi d'esercizio ponno aver luogo soltanto secondo le prescrizioni di questa legge. I già esistenti devono essere cambiati, al più

tardi, entro 5 anni (dal giorno dell' attivazione di questa legge) conformemente alle prescrizioni della medesima, qualora, dietro domanda delle imprese d'esercizio, non venga concesso in via d' eccezione un termine più lungo dal ministero del commercio, dell' industria e delle pubbliche costruzioni.

§. 92. Per quelle strade-ferrate, il cui esercizio si fa con forze motrici diverse dalle macchine a vapore, verranno emanate le opportune prescrizioni, applicando quelle della presente legge che si adattano alle loro speciali circostanze.

Obblighi di quelle persone (del pubblico, che si servono della strada-ferrata, o in altro modo si trovano in rapporti colla stessa.

§. 93. — a) *Obblighi generali.* — Le persone, che si servono della strada-ferrata per viaggiare o per far trasportare oggetti, devono condursi a tenore delle condizioni di trasporto prescritte e pubblicate, osservare con esattezza le prescrizioni emanate pel mantenimento dell' ordine, della regolarità e sicurezza dell' esercizio della strada-ferrata, ed ubbidire prontamente alle avvertenze che il personale di custodia e di scorta del treno trovasse necessario di dare in proposito.

§. 94. — b) *Ricapiti di viaggio ed operazioni di finanza.* — Ogni viaggiatore, che vuol essere trasportato sulla strada-ferrata, deve osservare esattamente le prescrizioni di legge relative al ricapito di viaggio, e sottoporre al debito trattamento di finanza quegli oggetti, che vi soggiacciono.

Questa prescrizione dovrà essere menzionata espressamente nelle condizioni per l' accettazione che verranno pubblicate.

§. 95. — *Salita e discesa dai vaggoni.* — Ogni viaggiatore, mentre il treno è in moto, dovrà astenersi, nel salire a discendere, dall'aprire senza necessità le porte, e dal por piede sulla piattaforma.

§. 96 — d) *Il por piede sulla strada-ferrata,* — Individui, che non appartengono al personale di servizio o di lavoro della strada-ferrata stessa, o che non sono muniti di speciale permesso, non ponno por piede sulla strada-ferrata, negli spazii, sulle scarpe, nei viottoli o nelle fosse che vi appartengono, eccetto nei luoghi delle stazioni destinati per l' accesso e per la partenza, o per salire e discendere, sui punti stabiliti pei passaggi sulla strada, e finalmente nelle località destinate per la spedizione degli oggetti.

È vietato d' aprire arbitrariamente le barriere della strada, come pure di passare al di sotto od al di sopra di esse; è permesso soltanto di passare sulla strada, senza però fermarvisi, quando si trovino aperte le barriere o dopo che vennero aperte dal personale di custodia della strada.

I rotabili tirati da bestie, i cavalli da sella, e il bestiame da pascolo, non possono, durante il tempo in cui si aspetta che vengano aperte le sbarre, avvicinarsi di troppo alla strada-ferrata; alle ammonizioni che si facessero in proposito dal personale di custodia si dovrà prestare esatta ubbidienza.

§. 97. Si potrà far pascolare bestiame nell' immediata vicinanza della strada-ferrata soltanto sotto vigilante custodia, e si dovrà aver cura che non ponga piede sulla strada o sulle pertinenze di essa, non oltrepassi le cinte e non si spaventi quando passano i treni.

§. 98. — e) *Danni ed alterazioni alla strada-ferrata.* — È proibito ogni danno, ogni spostamento o cambiamento

sulla strada o sue pertinenze, quindi non solo alla rotaia, ma anche agli argini, viottoli, fosse, edifizii, cinte, sbarre per chiudere, tabelle d'avviso, colonne indicanti il pendio, indicatori di distanze, arnesi per segnali, ecc., e così pure è severamente proibito di porre oggetti di qualsivoglia specie sulle rotaie, o presso le medesime nell'estensione della strada-ferrata o delle sue pertinenze, o d'imitare i segnali.

Finalmente, ai viaggiatori si proibisce di arrecare qualsiasi danno ai mezzi d'esercizio delle corse.

§. 99. — f) *Confinanti colla strada, e contegno da tenersi in vicinanza di essa.* — In vicinanza della strada non possono i confinanti eseguire operazioni o costruzioni che mettano a pericolo l'esistenza della strada ferrata o delle sue pertinenze, o l'uso regolare e sicuro di essa, o che potrebbero produrre pericolo d'incendio. Per movimenti di terreno, pei quali il luogo, ove deve farsi il cambiamento, verrebbe ad avvicinarsi alle proprietà della strada, come pure per costruzioni che si vogliano intraprendere nel circuito che venne dichiarato esposto a pericolo di fuoco, dovrà sempre ottenersi previamente il permesso della autorità chiamata a sorvegliar l'esercizio, e della rispettiva autorità politica.

Deve evitarsi di esporre all'aperta nel circuito della strada in cui v'è pericolo di fuoco, oggetti facili ad accendersi, e si dovrà sempre procurare che le località per sè sicure dal fuoco, ma destinate a contenere oggetti facili ad accendersi, siano convenientemente chiuse.

I frutti dei campi, pronti ad essere asportati, dovranno porsi alla maggiore possibile distanza dalla strada-ferrata: finalmente, trattandosi di piantar boschi od alberi, in generale, devesi aver riguardo ad evitare la possibilità che la

strada venga imbarazzata da alberi o rami caduti pel vento.

§. 100. È proibito distruggere boschi, cespugli o pianticelle, di tagliare od abbattere singoli alberi, di cacciar bestiame al pascolo, di cavar ghiaia, od argilla, e, in generale, di eseguire qualunque operazione per cui venga smosso il terreno, o potrebbero cadere sulla strada-ferrata degli oggetti, o prodursi frane di sassi o scoscendimenti di terra in tutti quei tratti o punti dei fondi, che vennero all'uopo indicati espressamente dalla competente autorità.

§. 101. — g) *Sorveglianza per l'adempimento delle prescrizioni.* — I capi dei comuni, gli agenti di pubblica sicurezza, ed in generale le autorità politiche sono tenute a vegliare per l'esatta osservanza delle precedenti prescrizioni (Sezione II di questa legge), a prestare in tal rapporto la più efficace assistenza al personale della strada-ferrata incaricato della sorveglianza, ad arrestare all'uopo i trasgressori e consegnarli alla competente autorità giudiziaria per la punizione.

§. 102. — Gl'impiegati della strada-ferrata hanno il diritto di fermare i trasgressori delle prescrizioni suddette, che non si prestino alle fatte ammonizioni, o che abbiano già commessa un'aziona dannosa o pericolosa per l'esercizio, quando non si abbia all'uopo la pronta assistenza dell'autorità politica o giudiziaria, ed a consegnarli per l'ulteriore procedura all'autorità politica, procura di Stato, od autorità giudiziaria più vicina.

Per l'esercizio di queste funzioni di polizia demandate agli impiegati ed inservienti della strada-ferrata, come pure perchè adempiano più coscienziosamente i loro doveri, in generale dovrà l'amministrazione dello Stato assumere il giuramento di quegli impiegati ed inservienti

di strade-ferrate, ai quali, secondo le circostanze locali, incombe la sorveglianza sulla strada, sugli stabilimenti ad essa appartenenti, e sul pubblico che si serve della strada.

Gli impiegati ed inservienti di strade-ferrate per tal modo giurati godono anche sulle strade-ferrate nelle loro funzioni in faccia al pubblico della stessa protezione di legge degli altri impiegati pubblici amministrativi.

§. 103. Ogni azione od omissione contraria alle prescrizioni di questa legge, verrà punita a norma della stessa e delle disposizioni del codice penale generale.

Istruzione *per l' esecuzione dell' ordinanza ministeriale 11 febbraio 1854 concernente le misure di sicurezza da osservarsi onde ovviare al pericolo di esplosione delle caldaie a vapore d' ogni sorta.*

1. La Commissione delegata ad esperimentare una caldaia a vapore, di qualunque sorta ella sia, viene nominata dall' I. R. Luogotenenza del dominio in cui deve aver luogo l' esperimento. Essa è costituita di un impiegato di polizia (oppure politico), e di un perito pienamente edotto di siffatto oggetto. Nelle città capitali, dove havvi un pubblico istituto tecnico, si sceglie il perito fra i membri del corpo insegnante dell' istituto: fuori delle città capitali, si eleggeranno come periti, o funzionarii addetti alla locale autorità delle pubbliche costruzioni, od altri tecnici impiegati, o, secondo le circostanze, i membri di altri pubblici istituti d' istruzione o di corporazioni scientifiche.

L' I. R. Luogotenenza determina anche, in ordine ai rapporti di località ed alle altre considerazioni volute dal dominio affidato alle sue cure, il circondario entro cui ha da operare ciascuna delle nominate commissioni, non che il periodo di tempo pel quale la Commissione stessa viene istituita.

2. Per base della prova a cui da una Commissione deve assoggettarsi una caldaia a vapore, serve di regola la relativa istanza presentata dalla parte (§. 1 dell' ordinanza), e l' indicazione ivi contenuta del grado di massima tensione del vapore occorrente nella caldaia per l'uso cui essa è destinata.

3. La Commissione procede innanzi tutto ad un' accurata ispezione della caldaia a vapore che vuolsi assoggettare alla prova. Essa deve specialmente osservare se le pareti della caldaia (di forma cilindrica) abbiano la grossezza legale prescritta (tabella I dell' ordinanza), e se le valvole di sicurezza sieno della forma, grandezza e diametro similmente prescritti (tabella II dell' ordinanza).

4. Trattandosi di caldaie che hanno una forma diversa della cilindrica, deve inoltre la Commissione farsi particolar carico di convenientemente esaminare gli applicati contrafforti (come costole, anelli, cantonate, puntelli, ecc.), valendosi all'occorrenza dei relativi disegni di dettaglio; e giudicare coscienziosamente di caso in caso, dopo matura considerazione, di tutte le circostanze influenti, se l'adottata costruzione guarentisca la necessaria sicurezza, fatto riflesso al grado oltre al quale non sia presumibile che nell' uso della caldaia possa spingersi la tensione del vapore.

5. Qualora dall' esame della caldaia non emergano motivi di eccezione, si procede alla prova nel modo seguente:

Scelta una delle due valvole di sicurezza, misurasi esattamente il diametro dell' apertura della valvola stessa, dove

questa sia piatta, e se fatta a sfera o a cono, il diametro medio dell' anello di contatto della medesima (*a b* della figura qui sottoposta),

ragguagliando poi la relativa superficie circolare in pollici quadrati. Quindi, avuto riguardo al peso proprio della valvola (che deve essere sottratto), si determina l' immediato carico da sovrapporlesi, il quale ha da corrispondere alla massima tensione di vapore dichiarata nell' istanza con cui fu invocata la prova; oppure a quella che viene giudicata ammissibile a norma delle prescrizioni circa la legale grossezza delle pareti, e trattandosi di caldaia non cilindrica, a norma dei contrafforti ond' è provveduta, qualora la dichiarata tensione fosse ritenuta troppo alta in relazione alla grossezza delle pareti, od in relazione alla solidità degli esistenti contrafforti, dove si tratti di caldaia non cilindrica.

Con ciò si ottiene il diretto carico della valvola nell' uso della caldaia.

Raddoppiando poscia il peso corrispondente, ed aggiungendovi quello della valvola, si ha il peso con cui devesi immediatamente caricare questa all' atto dell' esperimento.

6. Caricata la valvola suddetta del doppio peso dedotto nei modi suavvertiti, tenuta l'altra o fissa, o quanto meno sopraccaricata, e otturate tutte le aperture e comunicazioni della caldaia, ad eccezione soltanto di quella che serve all' introduzione dell' acqua, si riempie d' acqua la caldaia stessa col mezzo di una tromba premente, continuando a far giuocare la tromba fino a che l' acqua cominci a sprizzare tutto all' ingiro della valvola a guisa di razzi, e che questi formino poi quasi un velo d' acqua circolare.

È però da avvertirsi, che qualora la valvola non fosse stata ben chiusa o si trovasse obbliquamente compressa dal sovrapposto carico, possono talvolta qua e là manifestarsi alcuni spruzzi d' acqua anche prima che sia raggiunto il necessario grado di pressione e sospinta la valvola ad innalzarsi; laonde, a scanso d' errore, è d' uopo aspettare che i razzi d' acqua si presentino tutto all' ingiro, e si uniscano a guisa di velo circolare, come si è detto di sopra.

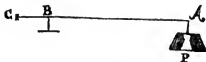
7. Se il carico non preme immediatamente sulla valvola di sicurezza, ma viene procurato col mezzo di una leva, allora il peso del carico, stabilito nei modi già indicati, si dovrà, giusta le regole della statica, ridurre al punto estremo della leva.

Il peso poi della leva, cui è parimenti da aversi riguardo, si deduce con metodo semplice e sicuro, collocando in posizione orizzontale il braccio del vette che agevolmente si muova sul proprio fulcro (ipomoclio); e rilevando quale

pressione eserciti sopra una bilancia il punto estremo di esso braccio, il quale deve considerarsi come punto di applicazione del carico: questa pressione, ridotta in libbre di Vienna, si dibatte dal peso del carico ridotto per la leva teorica.

Se, per esempio, abbiasi una data valvola di sicurezza del diametro di 4 pollici, e del peso di 2 libbre, e sia la caldaia a vapore da esperimentarsi destinata a reggere ad una tensione di tre atmosfere sopra la pressione media dell'aria (cioè a vapori di 3 atmosfere di effettiva tensione), si ottiene prima per la superficie della valvola ($F = \frac{1}{4} \pi D^2$); $\frac{1}{4} \times 3,44 \times 16 = 12,56$ pollici superficiali (risultato abbastanza esatto). E siccome nella caldaia in azione ogni pollice quadrato soggiace ad una pressione di libbre viennesi $3 \times 12 \frac{1}{4} = 38 \frac{1}{4}$ oltre la pressione atmosferica, così la valvola che, oltre alla pressione esterna dell'atmosfera, subisce un'altra pressione dall'esterno all'interno di libbre viennesi $38 \frac{1}{4} \times 12,56 = 480,4$, dovrà conseguentemente, oltre al proprio peso, essere caricata, all'atto dell'uso della caldaia, di un peso di libbre viennesi $480,4 - 2$, cioè di libbre viennesi 478,4 ($478 \frac{4}{10}$).

Ora, dovendosi provare la caldaia a vapore sotto una pressione doppia, cioè sotto la tensione di 6 atmosfere (oltre la pressione dell'aria), così fa d'uopo caricare ogni pollice quadrato di superficie della valvola di libbre viennesi $6 \times 12 \frac{1}{4}$, cioè di libbre viennesi $76 \frac{1}{2}$, e pertanto l'intera valvola di libbre viennesi $12,56 \times 76 \frac{1}{2} = 960,9$, che, sottratto il peso della valvola, danno libbre viennesi $960,9 - 2$, vale a dire libbre viennesi 958,9. Il qual medesimo risultato si può ottenere in modo più semplice, raddoppiando, cioè, il peso di libbre viennesi 478,4 stabilito quale carico della caldaia in attività, ed aggiungendovi il peso della valvola; dappoichè $2 \times 478,4 + 2$ producono ancora libbre viennesi 958,8 (1).

Quando la valvola di sicurezza non venga immediatamente caricata, ma lo sia col mezzo di una leva $A\ C$, avente l'ipomoclio in C (vedi la figura qui sottoposta),

ed al cui punto estremo A sia attaccato il peso P, si trova nel modo seguente il richiesto carico da applicarsi.

Supposto che la distanza dall'ipomoclio o punto d'appoggio C della leva al centro B della valvola (cioè la proiezione) sia di 3 pollici viennesi, e di 24 pollici fino al punto A d'applicazione del peso, sarebbe la leva ottuplicata; perchè, essendo $CB = 3$ e $CA = 24$, si ha $\frac{CA}{CB} = \frac{24}{3} = 8$; nel qual caso se la leva non avesse verun peso proprio,

(1) Siccome nella prova non si bada alle frazioni, ed anche ad una libbra più o meno, così nell'allegato esempio potrebbesi ritenere il peso a cifra tonda di libbre viennesi 960.

dovrebbesi, all' effetto di ottenere la misura del peso da applicarsi in *A*, dividere per 8 il peso di libbre viennesi 478,4 previamente calcolato quale carico della caldaia in attività, il che darebbe libbre viennesi $\frac{478,4}{8} = 59,8$. Ma siccome la leva ha un peso suo proprio, così questo, ridotto al punto d'applicazione *P*, vuolsi diffalcare dal peso precedente. Ora, se la leva (pesata secondo le norme di sopra indicate), posta colla sua estremità *A* sulla bilancia, e supposta senza sforzo in *C*, di maniera che *AC* si trovi in linea orizzontale, pesa, per modo d'esempio, libbre viennesi $2\frac{3}{4}$, questo peso (essendo quello della leva ridotto al punto *A*) devesi detrarre dal peso precedente, e si ottiene pel cercato peso da applicare in *P*, libbre di Vienna $59,8 - 2,75 = 57,05$, cioè libbre viennesi 57.

Similmente si trova il carico da applicarsi all'atto della prova, dividendo per 8 il peso già calcolato in libbre viennesi 958,9 del carico d'immediata applicazione, e sottraendo dal quoziente il peso della leva ridotto al punto d'applicazione *A*, che è di libbre viennesi $2\frac{1}{4}$; onde si ottiene pel richiesto carico $\frac{958,9}{8} - 2,75 = 119,86 - 2,75 = 117,11$, che praticamente si può ritenere in libbre viennesi 117 (1).

8. Se la seconda valvola di sicurezza è precisamente della medesima forma della prima, e chiude allo stesso modo, varrà per essa l'ugual peso di carico, che, giusta le preaccennate Norme, fu trovato per la prima: in caso diverso ne sarà istituito separato calcolo dalla Commissione.

9. Qualora nella compressione di una valvola di sicurezza fosse necessario, per economia di spazio, di sostituire ad una leva semplice una leva composta, il calcolo che deve condurre alla determinazione del peso del necessario carico si fa ciò non ostante nello stesso preciso modo suddimostrato per la leva semplice.

10. La Commissione osserverà poi attentamente che non esista verun ostacolo dipendente o dalla valvola o dalla leva, e trattandosi di caldaie di locomotive, dalla bilancia a molla, il quale impedir possa che la valvola medesima si alzi quanto è necessario.

Così, per modo d'esempio, vuolsi avvertire che la staffa in cui si muove la leva non abbia troppo basso il cappello, avvegnachè la leva vi urterebbe contro prima di essere bastantemente sollevata; parimente nella bilancia a molla è da osservarsi che la lastra colla scala graduata sia verso il basso abbastanza profondamente incavata per permettere all' indice il necessario giuoco all' alzarsi della leva.

Devesi particolarmente esaminare in una bilancia a molla usuale, se la lunghezza e il giuoco della molla sieno tali, che, aumentandosi la tensione del vapore, possa aver luogo la necessaria apertura della valvola (§. 14 dell'ordinanza).

11. Essendo che, giusta la tabella II dell' ordinanza, la dimensione della valvola di sicurezza dipende da quella della superficie della caldaia a vapore esposta al fuoco (cioè di quella superficie di essa caldaia che viene a contatto col fuoco e col fumo), così la commissione, per la prova della caldaia, deve calcolare questa superficie nel seguente modo:

a) Data una semplice caldaia cilindrica, il cui diametro sia *D*, e la lunghezza

(1) Se si volesse semplicemente raddoppiare il peso del carico calcolato per l'uso della caldaia, ne risulterebbe troppo scarso il carico necessario per la prova, e ciò a proporzione del maggior peso proprio della leva e della valvola: nel citato esempio, il duppio peso del carico (cioè due volte 57) riuscirebbe di libbre viennesi 114, — e quindi di libbre viennesi 3 inferiore al bisogno.

L (espresse le rispettive misure in piedi viennesi), si ha per la superficie esposta al fuoco:

$$2 \times DL \text{ piedi quadrati,}$$

cioè il doppio diametro della caldaia moltiplicato per la lunghezza;

b) Che se la caldaia sarà munita inoltre di un tubo calorifero (canna da fuoco), che la percorra in tutta la lunghezza, del diametro di piedi d, sarà l' intera superficie esposta al fuoco:

$$(2\,D + 3\,d)\;L \text{ piedi quadrati;}$$

cioè il doppio diametro della caldaia, più il triplo diametro del tubo, moltiplicato per la lunghezza della caldaia medesima.

Se saranno i tubi in numero di due, si ricaverà ugualmente la superficie esposta al fuoco in

$$(2\,D + 6\,d)\;L \text{ piedi quadrati.}$$

c) Qualora la caldaia, invece di un tubo calorifero, sia fornita di n tubi bollitori (bouillières), aventi ciascuno d di diametro, ed l di lunghezza, la superficie esposta al fuoco risulterà di

$$2\;DL + 3\;n\,d\,l \text{ piedi quadrati,}$$

esprimendo il tutto in misura viennese.

Questa superficie, dato un solo tubo bollitore (essendo $n = 1$), sarà di

$$2\;DL + 3\;dl;$$

dati due tubi bollitori, che è il caso più comune (essendo allora $n = 2$), si avrà

$$2\;DL + 6\;dl;$$

e dati tre condotti d' acqua bollente, si otterrà:

$$2\;DL\;9\;dl \text{ piedi quadrati.}$$

d) Trattandosi di caldaie tubulari (come, per cagion d' esempio, quelle delle locomotive), in cui la superficie dei tubi a contatto col fuoco importa più della metà della totale superficie esposta al fuoco, fa d' uopo calcolare la superficie dei tubi a contatto col fuoco, valendosi della esatta formola

$$3{,}14\,.\;n\,.\;d\,.\;L,$$

in cui n esprime il numero dei tubi, d il loro diametro, ed L la loro loro lunghezza.

e) Se una caldaia a vapore, oltre ai tubi bollitori, è provveduta altresì di un tubo calorifero, avente un diametro d, si dovrà (giusta il calcolo lettera *c)* sostituire nelle precedenti formole al primo membro $2\;D\;L$, l' espressione

$$(2\,D + 3\;d)\;L.$$

f) Rispetto alle caldaie a vapore con pareti in parte piane, oppure d' altra forma (come sono, a modo d' esempio, quelle dei battelli a vapore, delle locomotive, o quelle in cui si fa il fuoco internamente), dovrà la Commissione calcolare esattamente di caso in caso la superficie esposta al fuoco secondo le regole della geometria.

12. Nella graduazione della scala delle bilance a molla, o nella fissazione del punto che corrisponde al peso ridotto del carico da applicarsi alla leva all' atto della prova della caldaia, vuolsi avere il debito riguardo al peso proprio della bilancia stessa.

Se la scala è stabilita sul dato che la bilancia a molla sia solidamente appesa colla sua estremità superiore alla leva della valvola, e che all'estremità dell'asta mobile inferiore, attaccata alla molla a spira, vengano successivamente l' uno

dopo l' altro applicati quei pesi, che, avuto riguardo al peso relativo della leva e della valvola, corrispondano alle varie tensioni del vapore da indicarsi, bisogna allora dibattere ogni volta da ciascuno dei pesi da applicarsi il peso di tutta la custodia della bilancia, compreso quello della molla, della leva, della valvola e dell' asta della bilancia. Non si terrà però conto del peso della bilancia a molla, qualora non si operi la tensione della bilancia stessa e la conseguente graduazione della scala mediante pesi direttamente applicati alla bilancia, ma se ne tenga fissa invece l' estremità inferiore, appiccando l' estremità superiore di essa all' asta di un' acconcia bilancia da bottegaio, e procurando la cercata tensione della molla col porre nel bacino opposto della bilancia medesima i pesi calcolati come sopra, per le varie tensioni del vapore.

13. La Commissione dovrà altresì con particolar cura esaminare il manometro (tanto nei rapporti di perfetta costruzione, che di esattezza), e, mediante pratico esperimento, convincersi della precisione della scala; è pure desiderabile che il punto della massima tensione del vapore ammissibile nell' uso della caldaia sia chiaramente segnato sul manometro stesso.

14. Del rimanente, la Commissione incaricata della prova di una caldaia non deve soltanto esaminare le parti specialmente additate nei precedenti paragrafi, ma coscienziosamente accertarsi inoltre che nella caldaia a vapore da provarsi esistano tutte quelle condizioni di sicurezza prescritte dalla legge o richieste dalla natura della cosa (come sono, per esempio, la qualità della lamiera delle pareti, lo stato delle ribaditure, ecc.).

15. Se la Commissione riscontra mende o difetti che rendano inammissibile l' invocata prova, o se, dopo la prova, si manifestano nella caldaia a vapore imperfezioni o guasti (come alterazioni di forma, fessure in alcune lamiere, quand' anche non interessassero tutta la grossezza della lamiera medesima, allentamenti nelle ribaditure, ecc.), dovrà essa fedelmente registrare le fatte osservazioni nel protocollo o nella relazione da stendersi, e dichiarare se, in causa di questi difetti, sia la caldaia assolutamente inservibile, o se abbisogni soltanto di alcuni, e di quali miglioramenti, riattamenti, cambiamenti, ecc., e se dopo la loro esecuzione debba venire assoggettata ad un nuovo esperimento.

16. Quando l' eseguita prova abbia un risultato favorevole, deve la Commissione marcare con un punzone le valvole e le leve che per avventura vi esistessero, e registrare nel protocollo o nel rapporto da stendersi le dimensioni delle valvole e delle leve (in quanto potessero servire di norma), non che il peso del carico immediatamente sovrapposto alla valvola od applicato ad un braccio di leva: trattandosi poi di caldaie di locomotive, sarà indicata quella massima tensione della bilancia a molla che nell' uso della caldaia non debba essere oltrepassata, e, secondo le circostanze, anche la misura della necessaria apertura della valvola (vedi l' annotazione alla tabella II).

Sarà pure da specificarsi e individuarsi nel suaccennato protocollo o rapporto, il più esattamente possibile, la caldaia assoggettata alla prova, e pertanto soggiungere a quale specie appartenga, quale sia la grossezza della lamiera delle sue pareti (non omessi gli eventuali contrafforti), quali le sue dimensioni, se e di quanti tubi bollitori o caloriferi sia provveduta, ecc.

17. I membri della Commissione han-

no l' obbligo di prestarsi gratuitamente, e come ad operazione d' ufficio, così alla prova delle caldaie, tenendo, di regola, l' ordine progressivo delle relative istanze, come alle revisioni periodiche. Quando però si allontanano dalla loro residenza d' ufficio, percepiscono le competenze normali di viaggio e di mantenimento.

È loro poi severamente proibito di ricevere regali dalle parti.

18. Nelle revisioni periodiche (§. 27 dell' ordinanza) si procederà con tutta cautela, evitando però possibilmente ogni non necessaria molestia al proprietario della caldaia.

All'atto di queste revisioni devesi principalmente ed accuratamente osservare se lo stato della caldaia in generale, e delle sue parti, sia tale da rimuovere ogni timore di pericolo, avuto speciale riguardo a quelle parti che, secondo le circostanze del concreto caso, possono essere più logorate dall'uso, od aver subito una variazione (sia avvertitamente, sia per effetto di negligenza).

Quindi saranno da esaminarsi scrupolosamente i pesi, le bilance a molla, le leve delle valvole, e guardare se non vi si scorgano tracce di sopraecarichi, di introduzione di cunei, o di altro ostacolo al libero giuoco della valvola.

I manometri, gl' idrometri e gli apparati di alimentazione si dovranno similmente verificare rispetto alla loro esattezza ed attitudine.

La Commissione può anche, dove lo giudichi necessario, ordinare che sia lasciata raffreddare la caldaia, al fine di visitarla internamente.

È pure da osservarsi, inoltre, se sussistano gli stampi del punzone sulle valvole e sulle leve, se sia esposto il certificato a termini del §. 18 dell' ordinanza, se siansi usate le debite cure per impedire la formazione di sedimenti nella caldaia, ecc.

All' atto di ognuna di queste revisioni è redatto un protocollo, il quale viene, colle opportune proposte, trasmesso all' autorità di sicurezza.

La Commissione è autorizzata a dare immediatamente quelle disposizioni che non ammettessero dilazione, ma deve farne contemporanea menzione nel protocollo di revisione.

Considerazioni economico-statistiche.

L'ardore che spinse i popoli civilizzati verso l' utile e magnifica creazione delle ferrovie non fece che aumentarsi a misura che l' esperienza ne ha rivelato più compiutamente i vantaggi. La rete delle linee ferrate si è estesa da tutte parti per modo che al giorno d' oggi tutte le città importanti dell'Europa vi sono comprese, e tutto tende a facilitare i mezzi della generale circolazione.

Dal 1852, vale a dire da oltre due anni fa, la somma delle guide applicate e compiute in Europa e negli Stati-Uniti d'America, ammontava a 50000 chilometri, ed una lunghezza presso a poco eguale era in corso di costruzione; di maniera che le strade ferrate componevano fin d' allora una linea due volte e mezzo più considerevole della circonferenza del nostro globo terrestre. Che sarebbe adunque se facessimo entrare nel computo le miriadi di strade progettate in tutti i paesi ed in tutte le direzioni! L' insieme di tutti questi lavori rappresenta una spesa fatta o da farsi di 20 miliardi; e le pubblicazioni ufficiali ci mettono in grado di poter anche stabilirne presso a poco la ripartizione come segue:

PAESI	LUNGHEZZA in chilometri	
	Totale	Costruite
In Francia	6,923	3,670
Gran Bretagna	19,226	10,651
Allemagna	11,179	8,098
Belgio	1,476	873
Altri Stati europei	6,125	2,140
Stati-Uniti	34,926	17,411
Altri Stati americani	861	565

Il movimento delle persone e delle cose sopra questa vastissima rete non fu rilevato d'una maniera precisa, ma si può acquistarne un'idea approssimativa dietro un esempio.

Sopra i 10,000 chilometri di ferrovia attuata nella gran Bretagna durante l'anno 1851, la circolazione dei viaggiatori raggiunse la cifra di 86 milioni, sopra una popolazione di 27 milioni d'anime; tale è il movimento che risulterebbe da una media annuale di tre viaggi per ogni abitante di questo paese. Dietro a questa cifra di viaggiatori verrebbe un trasporto di bestiame e di mercanzie quasi altrettanto considerevole, mentre esso ebbe a produrre 176,500,000 franchi, quando il prodotto dei viaggiatori fu di 198,000,000 franchi. Cosa ben degna d'osservazione! i due terzi di questa immensa circolazione si compongono esclusivamente di passeggeri appartenenti alle classi meno agiate, di mercanzie grossolane e d'ingombro, di elementi, in una parola, sui quali la questione della sollecitudine è secondaria e dominata da quella del buon mercato. Dopo essersi manifestate come il più rapido dei mezzi di locomozione, le strade di ferro sono dunque divenute la più potente e la più economica fra le vie di trasporto!

E lo sviluppo che veniamo dall'annunziare non fu ottenuto altrimenti da una di quelle rivoluzioni subitanee e meravigliose di cui la storia dell'industria delle macchine offre frequenti esempii. Paragonando in fatti i tipi del 1842 con quelli del 1853, non trovasi nel modo di costruire la strada, nella qualità del

materiale che alcune differenze poco notabili. Le forme dei raili sono sempre quelle, sempre quelle le armature delle locomotive; ed il secreto del progresso ottenuto risiede tutto intiero nel miglior partito che si è saputo cavare dagli uni e dalle altre.

Gli è dunque così, o per alcuni miglioramenti di dettaglio nella costruzione delle macchine, che si è potuto aumentare la loro potenza ad un punto tale ch'esse rimorchiano all' uopo dei carichi di 400 tonnellate; ch'esse superano delle pendenze di 15 a 20 millimetri, non è guari considerate come insormontabili. Gli è così che è permesso alle ferrovie di penetrare nei paesi montuosi che disperavano di poterne godere. Così, e per mezzo delle commettiture più abilmente combinate, che si sono rese le riparazioni più facili e meno frequenti le rotture. Così che si è aumentato senza nuove spese il traimento annuo d'ogni locomotiva, e lo si è portato fino ai 40,000 chilometri. Ma egli è sopra tutto con nuove combinazioni e riforme amministrative, coll'interessare il personale all' accrescimento delle rendite, alla diminuzione delle spese, abituandolo alle idee ed alle pratiche commerciali, col fargli acquistare dell' esperienza, ed insegnandogli a meglio conoscere i bisogni da supplire, e l'ammirabile fecondità dello strumento onde era fatta ad esse abilità di disporre, che le società impresarie riuscirono ad aumentare a questo punto la circolazione.

In origine, le Compagnie d' azionisti, colpite dalla elevata cifra annuale delle spese di attuazione delle strade ferrate, ritenevano che per coprire tale dispendio occorresse imporre sui viaggiatori e sulle mercanzie una tassa molto forte. Le tariffe furono quindi regolate di conseguenza, segnatamente in Inghilterra, dove il prezzo era tale da escludere affatto i viaggiatori non ricchi, e le mercanzie di poco valore e di molto peso. Ora, anche in Inghilterra le piccole borse sono in grande maggioranza, le materie dette d' ingombro costitniscono i cinque sesti degli oggetti di consumo; quindi le strade ferrate non parevano fatte che per una minorità privilegiata, nè potevano quindi avere che una circolazione assai limitata. L' esperienza ha rettificato queste false idee: essa ha dimostrato ciò che gli studii speculativi avevano precedentemente annunciato senza trovare credenza; essa ha insegnato, in una parola, che la maggior parte delle spese di attuazione delle ferrovie entrano nella categoria delle spese generali, vale a dire ch' esse compongono una somma fissa indipendente dalla maggiore o minore attività nella circolazione, una somma che aggrava tanto più cadauno degli oggetti trasportati quanto più il numero di questi oggetti è minore. Si è dunque cambiato sistema, e si diede la preferenza a tariffe che assicurassero la più gran massa di trasporti, in confronto di quelle cui la troppa esagerazione rendeva esclusive e difficilmente rimuneratrici. Gli è così che le rendite delle strade di ferro si sono aumentate in una proporzione considerevole; gli è così che le ferrovie hanno aumentato in ragione decupla di utilità per il pubblico. — Citeremo alcune cifre per mettere in rilievo questa importante trasformazione.

La strada di ferro da Birmingham a Londra fu aperta al pubblico con una tariffa pei viaggiatori di 23 centesimi al chilometro per quelli della prima classe, e di 14 centesimi per l' ultima. Tre anni dopo, nel 1845, le tariffe furono abbassate di 15 centesimi e mezzo per la prima, e di 9 centesimi e 2/5 per l'ultima. Oggidì non si paga più di 12, o 6 centesimi. Nella continuazione della strada fino a

Manchester e Liverpool la tassa delle mercanzie ha riabbassato successivamente da 75 a 56, poi ai 37 e finalmente ai 21 centesimi per tonnellata e per chilometro per la prima classe; dal 56 al 37 poi ai 25, e finalmente al 6 centesimi per l'ultima. Queste riduzioni danno la chiave dei mutamenti che si notano nelle proporzioni relative delle differenti classi dei viaggiatori e delle mercanzie. Fino al 1842, l'ultima classe non figura che per memoria nelle tavole statistiche del traffico. Nel 1843 essa vi occupa un posto, e dà il 23 p. o/o di movimento proprio a questo servizio. Nel 1847 la si vede raggiungere la cifra del 40 p. o/o; finalmente nel 1852 essa accostasi a quella del 60 p. o/o. La stessa proporzione regge per le mercanzie. Il tonnellaggio da prima molto piccolo consisteva in origine nel movimento dei prodotti manufaturati e degli oggetti di valore. Con l'abbassamento delle tariffe si accrebbe sempre più quello delle materie prime; i prodotti agricoli affluirono da tutte parti, e ben presto costituirono più che i due terzi di tutto il tonnellaggio. Sulle strade di ferro francesi, le tariffe, moderate in origine dai contratti di concessione, non hanno subito lo stesso descrescimento; ciò non di meno per alcune mercanzie le tasse da percepirsi furono e sono tutti i giorni diminuite. Gli è così che sulla strada di Rouan che aveva principiato colle tariffe di 16, 18, e 20 centesimi per tonnellata e per chilometro, la maggior parte delle mercanzie non paga al giorno d'oggi che da sei a sette centesimi; di maniera che il percepimento medio per tonnellata e per chilometro è successivamente disceso a 16 centesimi e 1/2 nel 1843, a 13 nel 1845, a 10 nel 1848, finalmente a 8 centesimi e 2/3 nel 1852. Sulle altre grandi linee, la tariffa media non è molto più elevata, lo che accenna alla necessità d'aver dovuto piegarsi alle circostanze. Sulle strade d'Orleans si pagano 10 centesimi per tonnellata e per chilometro; 9 su quelle del Nord; 7 e 1/2 su quelle di Marsiglia. Prendendo le rete delle strade francesi nel suo insieme, 1. 9 centesimi possono riguardarsi come il percepimento medio per tonnellata delle mercanzie, e 6 centesimi e 1/2 come la tariffa media pei viaggiatori. Qualora si consideri che le vetture e le diligenze, cui sonosi sostituite le strade di ferro, facevano pagare 25 centesimi per tonnellata, ed 8 centesimi per ogni viaggiatore, e dove si tenga conto dell'economia del tempo, delle spese d'albergo, ecc., risparmiate verso la sollecitudine del trasferimento, si arriverà a concludere che le strade-ferrate procacciano al pubblico un risparmio di danaro almeno eguale alla rendita; dal che la conseguenza, che quand'anche esse tornassero improduttive pegl'intraprenditori, esse sono ancora una sorgente di ricchezza ed una buona operazione finanziaria per i paesi cui servono.

Le rendite delle strade-ferrate dipendono essenzialmente dalla densità delle popolazioni, dall'importanza commerciale delle contrade cui servono, e per ciò è naturale che fra le molte linee situate in condizioni diverse avvenga di osservare delle notabilissime differenze nei singoli prodotti. — Verso le città grandi, e sopra tutto all'accostarsi delle capitali, le tariffe sono molto elevate; sminuiscono e diventano modestissime avvicinandosi e penetrando nei paesi poveri e di scarso sviluppo.

Senza uscire dalla Francia (dice il signor Teisserene) noi troviamo delle linee, come quelle d'Orleans, che producono 88,000 franchi per chilometro, mentre alcune altre come quelle da Tours a Nantes, e da Monteran a Troyes restano al di sotto di 15,000 franchi; la rete del

nord accusa 38,000 franchi; quella centrale 17,500. Mettendo insieme i 3,307 chilometri attuati nel 1851, trovasi ch'essi hanno data luogo ad una esazione di 56,198,860 franchi pei viaggiatori, di 35,738,628 franchi per le mercanzie, e di 15,030,008 per i bagagli, articoli di messaggeria ed altri prodotti necessarii, in tutto 106,967,496 franchi: lo che dà una media di 32,400 franchi per chilometro.

Deducendo da questa rendita 45 milioni per le spese di conduzione, restano ad ogni chilometro di prodotto netto 18,000 franchi all' incirca, che rappresentano il 5 p. o/o sopra il capitale impiegato nei lavori. Se impertanto le strade ferrate fossero rimaste a tutto carico dei capitalisti privati, non offrirebbero alla speculazione che un interesse assai tenue. Ma la borsa comune è venuta in aiuto alle intraprese meno fortunate, e grazie alle liberalità del *budget* non havvi in Francia linea un pò estesa che non distribuisca ai suoi azionarii il dividendo di un 8 a un 10 p. o/o.

Sotto a questo punto di vista, gli azionisti francesi furono molto più fortunati di quelli dell' Inghilterra e dell'Allemagna.

In Germania le strade di ferro, prese in cumulo, non danno più che il 6 p. o/o agl'intraprenditori. — In Inghilterra l'esercizio 1851 ha dato i risultamenti che seguono:

Capitale impiegato.	6,008,768,625 fr.
Rendita lorda .	574,936,475
Prodotto netto.	206,215,000;

lo che rappresenta circa il 3 p. o/o della spesa, la quale in questo paese è tutta intera a carico degli azionisti.

Dalle cifre che precedono risulta del pari che la rendita media per chilometro è presso a poco la stessa in Inghilterra ed in Francia: 34,000 franchi presso la prima, 32,400 franchi presso la seconda: risultato che può sorprendere a prima gionta, ma che si spiega pel gran numero di ramificazioni e di linee accessorie che figurano al giorno d'oggi nella rete inglese, e che abbassarono il prodotto delle linee principali, senza recare un sufficiente compenso.

Dalle generalità passando alle particolarità che ci ragguardano più da vicino, parleremo adesso della condizione delle strade-ferrate della Monarchia Austriaca; toccheremo poscia di quelle di tutto il resto della nostra Italia, e finalmente compiremo il notro lavoro coi ragguagli essenzialmente domandati dalla tecnologia e dalla meccanica.

Strade di comunicazione interna, e strade-ferrate dell' Austria.

L' Austria circondata dai dominii di tre grandi potenze continentali, e da parecchi Stati secondarii, che differiscono essenzialmente nei loro rapporti economici come nella condizione speciale della loro civilizzazione, presenta una frontiera terrestre più estesa di qualonque altra contrada di Europa. Ciò non di meno il Danubio e l' Adriatico offrono al territorio di questo impero delle comunicazioni facili e dirette fra l' oriente e l' occidente. L' abbondanza e la varietà dei prodotti del suo suolo, ed anche della sua industria, che tende ad abbracciar tutti i rami, e che ha raggionto in gran parte il suo scopo, concorrono per via del transito a far prosperare il suo commercio; e la moltiplicazione ed il perfezionamento delle circolazioni e dei trasporti, che hanno potentemente influito a questo effetto, non cessano ancora dall'essere una questione vitale per l' avvenire economico dell' Austria. Il governo imperiale,

bisogna convenirne, ha compreso tutta l' importanza di questa leva indispensabile per rialzare l' industria, e imparò a prevalersi delle immense risorse materiali, e degli avvantaggi topografici dei suoi vasti dominii; l' attività ch' esso ha spiegato, sotto a questo rispetto, è andata sempre crescendo nel corso degli ultimi venticinque anni, e non ha subito che una interruzione parziale e passeggera pegli avvenimenti del 1848-49.

Noi ci faremo adesso a riassumere in pochi cenni la somma delle costruzioni e dei nuovi progetti di strade che ne furono il risultamento, ed al quadro di ciò che fu fatto fino al giorno d' oggi, aggiungeremo l' indicazione di ciò che resta ancora da farsi.

Le vie fluviali, ordinariamente sì facili a praticarsi, e di una manutenzione poco dispendiosa, non difettano in Austria, la quale ne possede anzi in buon numero, e di facile navigazione; ma la divergenza dei loro bacini, e l' elevazione delle catene di montagne che li separano, mettono un ostacolo alla formazione di un sistema completo di comunicazioni idrauliche, capaci di rannodare fra loro tutte le parti della monarchia. Generalmente parlando, la navigazione interna, sebbene animata sopra molti fiumi, è ancora suscettibile di molti miglioramenti, ragione per cui si tolse in buona parte a supplirvi coi vapori: lo che nota un gran passo fatto verso il progresso. Ciò ha bastato a ravvivare la grande arteria del Danubio, e ciò ha condotto ad intraprendere grandi lavori per regolare il corso della Theiss, soggetta a frequenti traripamenti, non meno che la Drava e la Sava, le cui acque affluiscono del pari nel Danubio. Oltre a quest'ultimo, si noverano in Austria altri cinque grandi fiumi navigabili, il Dniester, la Vistola, l'Elba, l'Adige ed il Po. Essi dividonsi fra i bacini del mar Nero, del Baltico, del mar del Nord e dell' Adriatico. I due ultimi appartengono esclusivamente all' Italia geografica. In quanto ai tre precedenti, la parte superiore del loro corso è soggetta alle leggi della sola Austria.

Questo impero novera anche una gran copia di canali; nella Ungheria, e nella Lombardia soprattutto, essi costituiscono un ammirabile sistema d'irrigazione, ma, sotto al rapporto commerciale, essi non sono generalmente che di una importanza secondaria. Le pianure abbondantemente innaffiate, ed in parte, ed anche troppo spesso, inondate dell' Ungheria, si presterebbero nulla di meno assai bene alla combinazione di un sistema irrigatorio che abbracciasse tutta quella fertile contrada, e da cui si potrebbe ritrarre un immenso vantaggio.

Nelle provincie tedesche, il predominio della struttura montuosa fa delle vie di terra l' elemento principale ed indispensabile della circolazione degli uomini e delle cose; ragione per cui dal regno dell' imperatore Carlo VI in poi, le strade furono sempre l' oggetto di una speciale sollecitudine dalla parte del governo. In fatti, nelle dette provincie i sentieri serpeggiano da tutte parti. — Le strade militari e commerciali che uniscono l'Allemagna all' Italia s' innalzano nelle Alpi ad altezze prodigiose, e parecchie di esse sono altrettanti capi d' opera, che sorpassano in arditezza le vie famose del Sempione e del Moncenisio. — L' esecuzione delle principali strade alpine dell' Austria si riferisce al periodo 1815-1825. La più celebre è quella dello Stelvio.

La lunghezza totale delle strade della monarchia può considerarsi divisa in altrettante regioni principali, astrazione fatta dall' antico regno di Ungheria, come segue:

UBICAZIONE	LUNGHEZZA DELLE STRADE	
	dello Stato	a carico delle provincie, comuni, o privati
Provincie tedesche — Gallizia, Dalmazia e frontiera militare (nell'anno 1847) . .	9,146	5,226
Italia Austriaca . (nell'anno 1844) . .	565	5,444
Transilvania . . (nell'anno 1844) . .	278	"
Totale in miglia austriache di metri 7,586 e 1/2	9,989	10,670
Vale a dire in chilometri, circa . . .	23,000	81,000
E per entrambe le categorie, chil.ᵗ .	104,000	

Lo Stato aveva speso nel 1844 una somma di 24 milioni di franchi in lavori di questa natura.

Le provincie meglio fornite di strade sono l' Italia austriaca, l'Arciducato, e la Boemia. Nel Lombardo-Veneto, le Comuni sole hanno impiegato in simili costruzioni dal 1814 al 1831 più di 20 milioni di franchi. La Gallizia al contrario è ancora insufficientemente provveduta, e la condizione dell' Ungheria è sotto a questo rispetto ancora peggiore. Sulla frontiera militare ed in una parte della Transilvania soltanto, l'amministrazione imperiale ha potuto far eseguire dei grandi lavori di strade, ma nell' interno dell' Ungheria le buone vie sono rare. Vi sono anzi alcuni Comitati che ne mancano affatto, e le vetture non trascorrono che sulle traccie stesse dei ruotabili che le precedettero. — L' antica amministrazione ungherese non aveva molti fondi da consacrare a questi lavori dispendiosi, per quanto urgente ne fosse il bisogno. Sotto il reggime feudale, i paesani soli erano obbligati di pagare una tassa per la manutenzione delle strade; la nobiltà, vale a dire i possidenti, andavano immuni da questa imposta, come da qualunque altra. — Non si può neppure al giorno d' oggi dare propriamente il nome di strade che ad un piccolo numero di quelle che attraversano il paese in alcune direzioni

principali. Tali sono quelle de Vienna a Lemberg per Presburgo e Bargeld; quella di Presburgo a Buda per Raab, di cui tre ramificazioni si prolungano da Pesth al di là del Danubio sopra Clausemburgo, in Transilvania per Debreczin; sulla frontiera della Valachia per Temesvar ed Hermannstadt, e sopra Belgrado per Petervaradino e Semlin; poi la strada da Vienna a Oedemburg Varasdin, Agram e Carlstadt in Croazia; finalmente la bella via Lodovica, che conduce da questa ultima città al porto di Fiume.

La laguna da colmarsi per soddisfare alle comunicazioni delle provincie orientali è ancora immensa. Fortunatamente che le strade di ferro sono venute ad offrire un nuovo mezzo, preferibile agli antichi metodi, per affrettare la soluzione del problema. L'Austria, a similitudine degli altri paesi dell'Allemagna, riconobbe gli avvantaggi di un simile trovato ed ha saputo approfittarne. Alcuni particolari, ed alcune società, presero l'iniziativa invocando l'approvazione del governo; il quale non tardò guari a prendervi un interesse diretto, ed a stabilire un sistema. Esso componesi di strade-ferrate concesse e di strade-ferrate dello Stato. Le prime furono costrutte e sono attualmente condotte da società o da particolari, ma reversibili allo Stato allo spirare della concessione, la cui durata è limitata; le seconde furono costrutte e sono amministrate a spese e per conto dello Stato, in virtù di una risoluzione sovrana del 19 dicem. 1841. Tutto concorre a compiere in tutte le direzioni la gran rete che deve abbracciare la monarchia intiera.

Dietro il piano originario, di cui molte parti sono ancora ineseguite, l'arteria principale di questo vasto sistema dovrà congiungere l'estremità più opposte dell'impero, l'Italia e la Gallizia, e formare una linea spezzata in due rami, corrente l'uno al sud delle Alpi e l'altro al nord dei Carpazi. Essa deve unire Milano a Venezia, e raggiunger Trieste per l'Adriatico, col mezzo della navigazione a vapore. Superiormente a quest' ultima città, a partire da Lubiana, essa percorre già senza interruzione tutta la monarchia dal sud al nord passando Vienna, e finalmente essa dovrà estendersi dall'ovest all'est, dai confini della Slesia prussiana e del regno di Polonia, altrimenti detto di Cracovia, dove essa attualmente arrestasi, fino agli ultimi limiti della Gallizia alla frontiera moldava.

A questa grande arteria, che forma la base generale del sistema, vengono ad unirsi da una parte e dall'altra, all'ovest della Moravia, all'est di Vienna, le linee principali, sopra cui si sviluppano e continueranno a svilupparsi le reti particolari delle strade di ferro relative alla Boemia ed all'Ungheria.

Ecco il quadro generale di tutte le strade di ferro Austriache eseguite od in costruzione fino alla fine del 1850, quale risulta da un quadro pubblicato dalla statistica amministrativa di Vienna.

I. Strade-ferrate servite da cavalli.

Denominazione delle linee.		*Lungh. del cammino, in miglia austr.*
Linz-Budweis (dell' alta Austria in Boemia)	migl.	17. —
Linz Gmunden (alta Austria)	"	9. —
Praga-Lahna (Boemia)	"	7, 1/2
Presburgo-Tyrnau-Szere (Ungheria)	"	8, 1/4
Totale	migl.	41, 3/4

II. STRADE SERVITE A MEZZO DEL VAPORE.

(A) *Strade di ferro favorite di concessione.*

Strada di ferro del Nord da Vienna per Lundenburg e Prerau a Oderberg (bassa Austria, Moravia e Slesia) linea principale	migl.	37 1/2
Diramazioni (di cui se ne contano 5; le due principali sono quelle da Lundenburg a Brünn, e da Prerau a Olmütz)	»	17 —
Lunghezza totale	migl.	54 1/2
Strada di ferro da Vienna a Gloggnitz, per Mödling e Neustadt-viennese (bassa Austria), linea principale	migl.	9 7/8
Diramazioni (sono in n.° di 3; la principale è quella da Vienna a Bruck sulla Leitha)	»	6 5/8
Lunghezza totale	migl.	16 1/2
Strada di ferro da Neustadt-viennese a Oedenburg (Ungheria)	migl.	3 3/4
Strada di ferro da Milano a Como (Lombardia)	»	6 1/4

(B) *Strade di ferro dello Stato*

Rete Boema e Slesiana:		
Olmütz-Trübau	mgil.	11 —
Brünn-Trübau	»	12 —
Trübau-Praga	»	22 —
Praga-Lobositz-Aussig	»	14 —
Strada di ferro di Cracovia, o dell'alta Slesia	»	8 1/2
Totale	chil.	67 1/2
Strada di ferro dal sud, dal monte Soemmering a Gratz e a Lubiana	»	43 —
Strada di ferro Lombardo-Veneta da Verona a Treviglio.	»	4 —
Da Verona a Venezia	»	17 —
Lunghezza totale	migl.	21 —

Sistema ungherese:

Strada di ferro da Vienna a Pesth per Marchegg, Presburgo e Waitzen	miglia	29 3/4
Id. da Pesth a Szolnok	"	14 —
Totale	miglia	43. 3/4
Totale complessivo.		298. —

Vale a dire 2,260 chilometri.

60 miglia e 1/4, ovvero 4,57 chilometri di strada di ferro nuova, ancora in costruzione (nel 1852) per la massima parte compiuti, cioè:

Da Verona a Treviglio	miglia	17 —
Da Verona a Mantova	"	5 —
Da Lubiana a Trieste	"	18 1/2
Da Gloggnitz a Mürzzuschlog, per il Soemmering	"	5 5/8
Da Aussig alla frontiera Sassone	"	4 5/8
Strada di cinta a Vienna	"	— 3/4
Da Oravitz a Baschiach (Ungheria meridionale)	"	9 —
Totale	miglia	60 1/4

Fu spesa in totalità in tutto l' impero fino alla fine del 1849 una somma di 126,205,000 fiorini, vale a dire circa 228 milioni di franchi in costruzioni di strade di ferro; più una somma di 21,560,500 fiorini, ovvero 56 milioni di franchi per il materiale dell' esercizio.

Nella prima di queste due cifre, le quattro strade di ferro, favorite di concessione, a locomotive figurano in totalità per 39,302,000 fiorini. Ne risulta quindi che, in via media, il costo di queste strade fu di 485,200 fiorini per miglio austriaco, ovvero di 166,000 per chilometro, mentre le ferrovie servite da cavalli, e nelle quali il legname predomina al ferro, non hanno costato che 89,600 fiorini al miglio austriaco, vale a dire meno di 31,000 fiorini al chilometro.

Nel corso dello stesso anno, il movimento delle strade di ferro in Austria fu di 1,256,000 persone, e per le merci di 1,001,325 tonnellate di 1000 chilogrammi.

Compiremo questo prospetto generale con alcune notizie storiche intorno la condizione e l' importanza relativa delle principali strade sopraindicate, nonchè sui nuovi progetti immaginati, e la cui realizzazione dipende dall' avvenire.

La più importante di tutte le linee, compiute dall'Austria, è senza più la strada di ferro del nord, detta Ferdinandea, conceduta nel 1835; essa rannoda, da parecchi anni, Vienna, Brünn, ed Olmütz e comunica a Oderberg, in Islesia, colle strade di ferro prussiane. Per siffatto modo si è ridotto a 42 ore il tragitto da Vienna ad Amburgo, ed a 33 quello da Berlino a Vienna, ed offre nel tempo stesso fra queste due capitali e Parigi, per Colonia e Brusselles, una catena non interrotta di comunicazioni a vapore. La strada di ferro dell' alta Slesia, o di

Cracovia, forma la derivazione la più settentrionale di questa linea, che deve essere prolungata in Galliaia, da Cracovia per Bochnia, dove si trovano le famose saline di questo nome a Lemberg, deve toccare a Brody, centro principale del commercio dell' Austria con la Russia, guadagnare Czernovitz, capo-luogo della Buccovina, e finalmente terminare alla frontiera moldava.

Abbiamo già veduto che in Moravia, la strada di ferro del nord si riunisce, per le sue due ramificazioni di Brünn e di Olmütz alla grande strada-ferrata della Boemia, o di Praga, che lo Stato ha fatto eseguire a sue spese. Al nord di questa capitale, la strada Lobositz e di Aussig serve ad accostarla alle frontiere della Slesia, e della Sassonia, in corrispondenza diretta con Dresda.

La linea di comunicazione a vapore fra Vienna e Trieste si stabilisce per due strade di ferro successive, che non sono in realtà che la continuazione della strada di ferro del nord sulla riva opposta del Danubio; e nella direzione sud, vale a dire per la strada di ferro da Vienna a Gloggnitz, e per la strada di ferro del sud intrapresa dallo Stato, e compiuta fino a Lubiana, capo-luogo della Carniola. I lavori eseguiti nel monte Soemmering, fra Gloggnitz e Mürzzuschlog, sulla riviera dell' arciducato e della Stiria, hanno fatto sparire la laguna che esisteva ancora fra queste due vie. Al sud, la catena dei monti che separa Trieste dall' interno, presenta ancora grandissime difficoltà da superarsi.

La strada-ferrata da Linz a Budweis in Boemia, costrutta dal 1825 al 1832, è la più antica dell'Austria, per non dire dell'Allemagna; quella di Linz a Gmunden ha una certa importanza per l' utilizzazione delle saline site in quella parte dell' alta Austria.

Il sistema lombardo-veneto si riduce, fino al presente, alla gran linea che deve unire Venezia a Milano per l' intermediario di Padova, Vicenza, Verona e Brescia. Cominciata nel 1842, questa strada non è ancora compiuta che sul territorio veneto, dov' essa presenta del pari una ramificazione per Mantova; in Lombardia non si sono ultimati che alcuni tronchi parziali. La strada da Milano a Como, che deve la sua origine a una impresa particolare, forma la prolungazione di questa linea al nord-ovest fino al lago-maggiore.

Un nuovo progetto altrettanto importante che vasto, le cui basi sono non per tanto stabilite, non tarderà molto ad esser messo in esecuzione, malgrado le difficoltà materiali che presenta in alcune sue parti. Questo progetto concerne la rete del tracciato intermediario, che deve mettere in comunicazione, per la Stiria, l' alta Austria e il Tirolo, la grande arteria del centro della monarchia e la strada lombardo-veneta, colle strade di ferro della Baviera e degli altri piccoli Stati dell' Allemagna meridionale.

Ecco quali sarebbero i lavori necessarii per l' organizzazione di questa rete:

1.° Costruzione di un tronco laterale della grande strada triestina da Bruck sulla Muhr, in Istiria, sopra Salzburg, e di là alla frontiera bavarese, nella direzione di Monaco.

2.° Costruzione (nell' arciducato, parallelamente al Danubio fra Vienna, Linz e la frontiera bavarese) di una strada di ferro comunicante con la linea, che da questa frontiera deve esser diretta sopra Ratisbona, e poscia per Nüremberg ed Ascaffenburg a Francoforte.

Per via di una linea intermedia, questa strada di ferro contribuirebbe, col tracciato di quelle che abbiamo indicato più sopra, a moltiplicare e ad accelerare

considerevolmente le comunicazioni dell' Austria colle contrade del Meno e del Reno, e per conseguenza eziandio colla Francia, e dispenserebbe dall' immenso giro per Berlino, che è il mezzo di corrispondenza fra Parigi e Vienna, per approfittare degli avvantaggi di celerità che procacciano i convogli a vapore.

3.° Esecuzione di una strada di ferro da Verona alla frontiera bavarese per Botzen, Innsbruck e Kufstein nel Tirolo. Questa linea importante, che il governo austriaco ha deciso di costruire a spese dello Stato dal principio del 1848, è del più grande interesse per lo sviluppo delle relazioni fra l' Allemagna del sud e l' Italia del nord; essa conferirà d' altronde a Venezia, sotto il rapporto delle comunicazioni colla prima di queste due contrade, un vantaggio altrettanto considerevole di quello che gode attualmente Trieste.

Un trattato speciale concluso colla Baviera e ratificato a Vienna nel 19 luglio 1852, porta l'effetto di assicurare l' esecuzione di questo triplice progetto, di regolare l'uniformità dei lavori, e di determinare i punti di congiunzione delle strade da costruirsi da una parte e dall'altra. Questa convenzione fissa al 1858 l' ultimo termine stipulato per l'incominciamento.

In Ungheria, il sistema delle strade di ferro è lungi dall' avere fino al presente progredito così sollecitamente come nelle provincie allemanne. Ciò non di meno si ebbe ad occuparsi di parecchi progetti, di cui il più importante trovasi anche realizzato. L'antica dieta ungherese, durante il reggime del 1832-36 aveva creduto dover fissare anticipatamente la direzione di 13 linee principali che avrebbero costituito a poco a poco il sistema delle strade-ferrate di tutto il regno. Ma come non è guari probabile che il governo imperiale, dopo i grandi mutamenti avvenuti nelle condizioni politiche di quella contrada, pensi a mantenere le disposizioni preconcette nel senso degl' interessi della nazionalità magiara, ci dispenseremo dal ricordarli.

La più antica strada dell' Ungheria è quella da Presburgo a Tyrnau costrutta dal 1836 al 1845, e più recentemente estesa fino a Szered. Ma la via più importante di questo paese, e la sola che presenti una gran linea compinta su tutti i punti, è la strada di ferro centrale. La società che ebbe a prima giunta ad intraprenderla, cominciò i suoi lavori nel 1840: essa rannoda, per la riva sinistra del Danubio, Vienna, Presburgo, Waitzen e Pesth, e un'altra linea perpendicolare a questo fiume la unisce a Szolnok sulla Theiss. La detta strada di ferro centrale deve essere continuata nella direzione della Galizia al nord, ed in quella di Debreczin all' est, come verso Szegedin, e a differenti punti della frontiera ottomana, sopra i quali non si è ancora convenuto.

Sulla riva destra del Danubio non esiste ancora in Ungheria che la piccola strada-ferrata da Oedenburg a Vienna per Neustadt (1). Nel Banato, finalmente, la costruzione della strada di ferro d' Oravitza interessa particolarmente l' esercizio delle miniere di quella provincia, onde trasportarne il carbone fossile e gli altri prodotti.

Nell' anno 1852 fu stabilito un trattato per le strade di ferro fra l' Austria, lo Stato della Chiesa, i ducati di Modena di Parma e di Toscana. Gli Stati contraenti, penetrati dall' importanza di facilitare i mezzi di comunicazione, determinarono di far costriure una

(1) Continuata ora sino a Presburgo.

strada di ferro portante il nome di *ferrovia centrale italiana,* la quale partendo da un lato da Piacenza per Parma e Reggio, dall' altro da Mantova, egualmente per Reggio, poi di là per Modena e Bologne a Pistoja o Prato, secondo che il passaggio degli Apennini torni più facile e meno costoso, si rannoderà in fine alla rete delle strade-ferrate toscane.

Il governo imperiale impegnossi d' ultimare nel medesimo tempo della detta strada centrale, le sue proprie linee italiane fino a Piacenza e Mantova, per unirsi a quella. La Toscana prese il medesimo impegno dal lato suo. La costruzione della strada centrale sarebbe affidata a una società verso un privilegio di 100 anni, ed alla quale si guarentirebbe un *minimum* d' interresse per le azioni del capitale necessario.

La società assumerebbe dal suo canto di cominciare sopra cinque punti diversi i lavori, un mese dopo l'approvazione del tracciato. Alcune linee telegrafiche sarebbero stabilite lungo la strada di ferro e aperte all' uso del pubblico, verso decisione dei governi interessati. L' amministrazione centrale della strada avrebbe la sua residenza a Modena, dove si troverebbe anche la Commissione governativa (un membro per ogni Stato). Le azioni delle società godrebbero in cadauno degli Stati contraenti gli stessi diritti e le stesse guarentigie delle azioni della società del paese.

Oggidì (1855) i lavori della strada-ferrata da Vienna a Trieste per il monte Soemmering sono terminati; le locomotive superano quell' altezza, la più considerevole che sia mai stata fino ad ora raggiunta. Val bene quindi la pena di spendere qualche parola intorno alla costruzione di questa linea, nonchè sugli esperimenti fatti colle macchine locomotive prima di raggiungere lo scopo.

La strada di ferro ha un' inclinazione in alcuni siti di metri 0,025 al metro corrente, con delle curve di un raggio, di 200 metri in 27 punti. Tali curve non hanno una grande estensione; la più lunga è di 680 metri. Fra due contro-curve trovasi sempre un allineamento retto. Esistono inoltre sopra il Soemmering altre 45 curve, i cui raggi oltrepassano i 200 metri, ma sono al di sotto del 300. Le curve di 200 metri non esistono sulla pendenza di 1/40. Lo strato superiore della strada è di ciottoli dello spessore di un metro, e l' inferiore di met.[i] 0,30; la sua superficie fu compressa col mezzo del cilindro. I sopporti del raili sono composti di panconi di metri 5,50 di lunghezza, metri 0,31 di larghezza, e della grossezza di metri 0,21. Questi sostengono le traverse di metri 2,28 di lunghezza, 0,30 di larghezza, e 0,16 di altezza. Inoltre alcune zanche di ferro uniscono i panconi alle traverse. — I raili di Vignoles di metri 0,11 d'altezza, sono lunghi metri 5,76 e riposano sopra cinque traverse; sono fermati, nelle commettiture, sopra cuscinetti, e attaccati con quattro viti a piastre di metri 0,32 di lunghezza; alcuni ramponi gli afferrano nei punti intermediarii. Tale è la via che le macchine dovranno d' ora in appresso seguire nelle condizioni atmosferiche più sfavorevoli, e con disposizioni del più difficile tracciato.

Il governo austriaco aveva proposto nel 1851 un premio di 237,000 franchi a cui risolvesse il problema di un trasporto comodo e regolare, con una sola locomotiva nelle piccole curve e le grandi inclinazioni.

Le costruzione delle locomotive fu determinata come segue:

« Il massimo della pressione del va-
» pore fissato a 0,09 chilogrammi per

» millimetro quadrato; la larghezza del-
» la locomotiva non eccedente il limite
» dei metri 2,86. Il fornello, combinato
» per lo scaldamento a legna. Il fumaiuo-
» lo avrebbe al *maximum* un' altezza di
» metri 40 sopra i raili. Il sito per l'ac-
» qua ed il combustibile potrebbe tro-
» varsi sulla locomotiva stessa, od in un
» tender separato.

» Qualunque fosse per essere il modo,
» il Soemmering dovrebbe essere supe-
» rato senza fermative. »

Quattro macchine di una forma straordinaria furono prodotte al concorso. L'una di esse, la *Bavaria*, ha poscia ottenuto il premio, e le tre altre furono acquistate a spese dell'amministrazione.

Ecco ciò che fu pubblicato nei due protocolli eretti dalla Commissione delegata ad esaminarle.

Quattro furono le macchine:

1.° La *Vindobona*, della officina di costruzione della strada del sud a Vienna.

2.° La Neustadt, egualmente di Vienna.

3.° La Bavaria, della officina del sig. Maffei di Monaco.

4.° La Seraing della officina di John Sockeril nel Belgio.

Nessuna locomotiva francese od inglese fu presentata al concorso.

Queste macchine, dopo aver percorso le curve stabilite dal programma, furono esaminate relativamente alla loro velocità, e diedero i seguenti risultamenti:

MACCHINE	VELOCITÀ all' ora	DISTANZE percorse
	chilometri	metri
N.° I. (Vindobona)	30	140
N.° II. (Neustadt)	38	60
N.° III. (Bavaria)	38	36
N.° IV. (Seraing)	41	80

La fermata delle macchine era comandata da un segnale, cui stavano obbligati i freni.

A senso del programma, la velocità poteva non oltrepassare il limite di 30 chilometri all' ora.

Per secondo sperimento, le locomotive dovevano rimorchiare un carico di 140 tonnellate, con una velocità *minimum* di 8 chilometri all' ora, nelle pendenze di 1/40.; ed ecco ciò che ne seguì:

Macchine	Carico	Velocità all' ora
	tonnellate	chilometri
N.° I. (Vindobona)	140	11,40
N.° II. (Neustadt)	140	11,40
N.° III. (Bavaria)	148	18,50
N.° IV. (Sering)	141	14,30

La locomotiva n.° 1, fu la sola che abbia sconcertato un poco la strada, facendo sopportare ai rolli una forte depressione.

Tali saggi preliminari avendo quindi riuscito, le quattro macchine furono ammesse a concorrere per il premio di 237,000 franchi; e nel giorno 20 agosto 1851 furono preste a superare le alture del Soemmering presso la città di Gloggnitz.

La massima depressione di questa montagna è di 1022 metri al di sopra del livello del mare, e di 492 al di sopra del livello della vallata. Il punto di partenza trovasi in un tunnel della lunghezza di 1370 metri.

Quest' opera d' arte diminuisce l' elevazione totale di 86 metri, e la riduce a 936 metri.

Per arrivare a quest' altezza fu d'uopo costruire parecchi viadotti molto alti e delle lunghe gallerie.

I viadotti sono in n.° di 22; i più lunghi di 150 metri, e la loro più grande altezza è di 52 metri.

I tunnel sono in n.° di 10, di una lunghezza totale di 3,429 metri: ed eccone le singole dimensioni:

	Lunghezza dei Tunnel					Lunghezza dei Tunnel			
	Totale	In linea retta	In linea curva	Raggio della curva		Totale	In linea retta	In linea curva	Raggio della curva
	metri	metri	metri	metri		metri	metri	metri	metri
1	43	43	"	"	6	292	206	86	200
2	164	164	"	"	7	108	68	40	200
3	206	90	116	216	8	674	406	218	200
4	270	120	150	234	9	204	60	144	200
5	98	"	98	202	10	1370	1370	"	"

In quanto alle linee curve, sopra le quali i concorsi definitivi ebbbero luogo, esse sono comprese nelle lunghezze seguenti:

Lunghezza delle curve	Raggio delle incurvature	Lunghezza delle curve	Raggio delle incurvature	Lunghezza delle curve	Raggio delle incurvature	Lunghezza delle curve	Raggio delle incurvature
metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri
582	500	160	200	354	200	112	400
330	280	216	200	252	200	216	400
246	360	196	200	76	200	216	400
92	400	188	200	»	»	118	400
112	400	180	200	»	»	190	400
170	800	306	200	»	»	156	300
122	300	386	200	»	»	124	400
150	280	386	240	»	»	158	200
24	280	76	280	»	»	230	400
134	360	346	280	»	»	160	300
324	400	340	200	»	»	52	1,000
148	360	88	200	»	»	50	1,000
204	4,000	84	300	»	»	248	300
212	400	84	200	»	»	180	350
302	300	228	400	»	»	120	1,000
348	300	84	400	»	»	222	412
134	400	74	800	»	»	262	600
250	300	148	400	»	»	260	600
44	300	74	800	»	»	216	1,200
182	300	92	400				

Ecco inoltre il rilievo delle rampe che le quattro macchine hanno superato, sopra totte le lunghezze fra i punti estremi del Soemmering.

LUNGHEZZA della livellazione	LIVELLO sopra il mare	ALTEZZA superata	PENDENZE e rampe
metri	metri	metri	metri
Stazione	444 "	"	"
2,580 "	464 "	20	0,008 "
302 "	466 "	2	0,007 "
3,120 "	494 "	28	0,009 "
734 "	500 "	6	0,008 "
750 "	502 "	2	0,003 "
572 "	508 "	6	0,010 "
2,800 "	578 "	70	0,025 "
500 "	578 "	"	orizzontale "
3,342 "	662 "	84	0,025 "
560 "	662 "	"	orizzontale "
2,940 "	736 "	74	0,025 "
938 "	737 "	1	0,001 "
1,592 "	776 "	39	0,025 "
422 "	776 "	"	orizzontale "
1,700 "	820 "	44	0,025 "
792 "	821 "	1	0,001 "
550 "	834 "	13	0,024 "
836 "	844 "	10	0,012 "
1,338 "	878 "	34	0,025 "
1,190 "	964 "	26	0,022 "
540 "	914 "	10	0,018 "
1,714 "	930 "	16	0,009 "
580 "	936 "	6	0,010 "
Punto culminante	936 "	"	"
860 "	928 "	8	0,009 "
2,752 "	870 "	58	0,021 "
496 "	868 "	2	0,004 "
1,450 "	836 "	32	0,020 "
920 "	818 "	18	0,020 "
300 "	816 "	2	0,006 "
1,800 "	774 "	42	0,023 "
300 "	774 "	"	orizzontale "
2,300 "	722 "	52	0,023 "
1,400 "	702 "	20	0,014 "
Stazione	"	"	"

La lunghezza totale del percorrimento fu dunque di 43 chilometri.

A partire da Vienna verso Trieste:

l' altezza { delle rampe — 4902 metri
{ delle pendenze — 234 metri.

Daremo adesso il risultamento delle corse definitive, dietro le notizie della Gazzetta di Augsbourg, la quale non parla che di tre sole locomotive, vale a dire la Bavaria, la Scersing e la Nenstadt.

La macchina Vindobona n.° I venne omessa nei processi verbali. Pare ch' essa abbia continuato a guastare la strada, come aveva fatto negli sperimenti preliminari.

Locomotiva Bavarese.

La locomotiva Bavaria del peso di 48 tonnellate, ha percorso una linea di 6,000 metri, sopra curve di 200 metri di raggio, e sopra rampe di 1/40 (0^m025 per metro). Queste corse, in n.° di 12, diedero i risultamenti che seguono :

NUMERO progr.° dei viaggi	ORA di partenza	TEMPERATURA	DURATA del tragitto sopra una rampa di 6,000 met.	VELOCITÀ media all' ora	PRESSIONE del vapore per millimetro quadrato	CONSUMO del combustibile (legna secca) andata e ritorno	CARICO
Bavaria	1851 20 agos. ore. m.[i]		m.[i] sec.[i]	chilom.[i]	chilogrammi	chilogr.[i]	tonnellate
1	8 —	caldo secco	24, »	15,00	0,098-0,095	1,036	471,40
2	9,23	id.	21, »	17,10	0,095-0,090	812	172,10
3	10,42	id.	20, »	18,00	0,095-0,093	952	172,10
4	12,15	vento	21, 23	16,80	0,095-0,090	784	172,20
5	1,32	id.	19, 30	18,50	0,098-0,068	952	173,20
6	2,44	id.	19, »	19,00	0,098-0,095	896	173,30
	21 agos.						
7	1,16	caldo e calma	22, 5	16,30	0,095-0,095	924	189,90
8	9,31	id.	21, 31	16,00	0,098-0,098	952	190,00
9	11,15	id.	20, 5	17,90	0,098-0,098	952	189,70
10	12,40	id.	21, 51	16,50	0,093-0,098	952	189,60
11	1,55	id.	22, 9	17,00	0,093-0,098	952	189,90
12	3,18	id.	22, 50	15,80	0,090-0,085	868	190,59

Sebbene questi viaggi abbiano perfettamente riuscito, non si è voluto accontentarsene, e si è aumentato il carico fino alle 224 tonnellate. La stessa rampa venne superata in 28 minuti. La pressione del vapore rimase la stessa, ma il consu-

mo del combustibile fu portato a 1,252 chilogrammi.

Ciò che merita speciale menzione in queste corse si fu la regolarità con cui funzionò il meccanismo, in conseguenza della giusta proporzione dei pezzi, nonchè della intelligente condotta.

Non può dirsi però che queste quattro locomotive abbiano affatto corrisposto all' aspettativa. I viaggi che ebbero luogo nel momento del concorso, come quelli fatti posteriormente colla macchina Bavaria, non hanno fornito prove sufficienti ad appoggio del nuovo sistema. La catena, il pezzo principale del meccanismo, che stabilisce la comunicazione fra tutte le ruote, si è spezzata. Ed in quanto alle tre altre macchine esse furono trovate in pratica ancora più imperfette.

Abbenchè questo concorso abbia fatto fare un gran passo alla meccanica per l'invenzione di molti dettagli importanti, il governo si è trovato quasi al punto di prima; ma prima di abbandonarle si è voluto intraprendere delle nuove esperienze, delle quali ecco il risultamento:

Esperienze definitive con la catena di connessione.

La potenza di traimento della Bavaria riposa in gran parte sull' uso della catena che si è rotta nel momento del concorso; i nuovi sperimenti ebbero luogo con una catena più forte, e nelle condizioni seguenti:

I vaggoni rimorchiati a 8 ruote ed a telaio mobile caricati di 60 raili, del peso di 11 tonnellate per vaggone.

I viaggi continuarono ogni volta per tanto lungo tempo quanto la macchina lo permetteva.

I tragitti ebbero luogo sopra una lunghezza di 14 chilometri, e con un numero di vaggoni corrispondente ad una velocità media di 25 chilometri all' ora. Per non perder tempo, la macchina non fu girata, ed essa procedette col tender davanti nella discesa.

La velocità massima non oltrepassò i 30 chilometri all' ora.

Prima d' ogni corsa, la macchina fu visitata in tutte le sue parti; la catena sopra tutto fu l' oggetto d' una sorveglianza affatto speciale.

Come non si trattava definitivamente che di provare la catena, non si è tenuto conto delle spese del combustibile, ma furono esattamente registrati i carichi, le velocità, le distanze percorse, come lo stato di tutti i pezzi del meccanismo.

I risultamenti ottenuti con dieci vaggoni di un peso brutto di 180 tonnellate possono riassumersi così:

1.° Per primo esperimento, la locomotiva ha percorso 28 chilometri sopra pendenze di 1 centrimetro per metro, con un carico di 123 tonnellate. Malgrado le cure, di cui la catena non cessò di essere l'oggetto, i doppii galletti si sono sfiancati, e parecchi furono perduti lungo la via. Ciò è avvenuto anche durante il concorso. Ne risultò quindi che dopo ogni viaggio lo stato della catena ha dovuto essere verificato, e i galletti delle chiavarde dovettero essere riaccomodati. Si fecero fare immediatamente 50 chiavarde di riserva.

2.° Nel secondo viaggio il carico fu di 144 tonnellate, ripartito sopra 8 vetture. La pioggia che cadeva quel giorno produsse lo sdrucciolamento delle ruote. Sopra una pendenza di metri 0,025 per metro, ed in una curva di 200 metri di raggio fu d' uopo arrestarsi; la catena si era distaccata dalla ruota d' ingranaggio, ed era caduta del tutto deteriorata sulle sale.

AGGIUNTE

NB. Per un errore avvenuto nel corso di stampa fu ommesso alla pagina 227 di dare il seguito dei risultamenti delle corse di sperimento eseguite sul Semmering dalle diverse locomotive. Emendiamo quindi adesso a tale difetto, pregando il lettore a voler applicare questa aggiunte subito dopo la Tabella risguardante i viaggi della *Locomotiva Bavarese.*

Locomotiva Belgia

Subito dopo la *Locomotiva bavarese*, quella di Cockerill cominciò le sue corse, e diede i risultamenti cha seguono :

Numero progressivo dei viaggi	Ore di partenza	Durata del tragitto sopra una rampa di 6,000 met.	Velocità media all' ora	Pressione del vapore per millim. quad.	Consumo del combustibile (legna secca) andata e ritorno	Carico
Seraing	1851 20 agos. ore m.i	m.i sec.i	chilom.	chilogrammi	chilogr.i	tonnellate
1	8,45	23, 10	15, 40	0,084-0,066	980	142, 50
2	1 —	25, 21	14, 20	0,083-0,066	1,008	142, 50
	26 agos.					
3	8,10	27, 40	13, 00	0,072-0,067	1,036	152, 30
4	9,37	28, 15	12, 70	0,080-0,065	1,148	152, 30
5	11,33	14, 8	14, 90	0,073-0,061	980	141, 50
6	12,56	22, 60	16, 20	0,074-0,053	1,092	140, 50
7	2,16	21, 50	16, 50	0,067-0,065	1,036	141, »
8	3,31	23, 2	15, 60	0,075-0,061	980	140, 80
	27 agos.					
9	12,10	23, 25	15, 40	0,074-0,060	980	142, 10
10	2,12	22, 48	15, 80	0,074-0,060	1,008	140, 40
11	3,31	23, »	15, 70	0,071-0,065	1,008	140, 40
12	4,56	23, »	15, 70	0,065-0,055	952	143, 40

La macchina della società Cockerill non potè il primo giorno continuare le sue corse in conseguenza della rottura di parecchi tubi bollitori. Ei non fu se non

se dopo aver subito alcune riparazioni ch' essa ha ripigliato il movimento.

I suoi viaggi con un carico superiore al *minimum* di 140 tonnellate non riuscirono, rispetto alla velocità ed al consumo del combustibile. Le corse ulteriori dovettero quindi farsi col minimo del carico.

Questa macchina ha versato molta acqua, lo che dipendetta dalle lunghe caldaie, a cagione dei mutamenti di livello dell' acqua che hanno luogo sopra le pendenze di 0,025 per metro.

Paragonando le sue corse con quelle della Bavaria, si può convincersi che quest' ultima ha fornito migliori risultamenti; mentre, a velocità eguale, essa ha rimorchiato un sopraccarico di cir-

ca 50 tonnellate, ed il consumo del combustibile rimase non pertanto inferiore a quello della macchina belgia.

Locomotiva austriaca.

Le corse della locomotiva Neustadt furono interrotte nel quarto giorno in conseguenza di un forte sdrucciolamento delle ruote, attese il pessimo tempo. Del resto si è curato di fare tutte le esperienze in condizioni atmosferiche simili. Negli ultimi viaggi questa macchina fu trovata avere una superiorità notevole sopra la belgia: essa teneva il vapore di una maniera costante, e lo sdrucciolamento delle ruote era anche minore.

Ecco il risultamento delle esperienze:

NUMERO progressivo dei viaggi	ORE di partenza	DURATA del tragitto sopra una rampa di 6,000 met.	VELOCITÀ media all'ora	PRESSIONE del vapore per millim. quad.	CONSUMO del combustibile (legna secca) andata e ritorno	CARICO
Neustadt	1851 23 agos. ore m.i	m.i sec.i	chilom.i	chilogrammi	chilogr.i	tonnellate
1	10 24	" "	"	0,095- "	"	153,40
2	12 36	29 25	12,20	0,100-0,009	1,008	153,40
3	2 33	30 10	11,90	0,101-0,090	1,200	153,40
4	28 agos. 8 24	32 16	11,20	0,098-0,076	1,029	140 "
5	2 sett.e 8 4	22 49	15,90	0,101-0,085	068	141,30
6	9 16	24 12	14,90	0,100-0,090	840	141,30
7	10 32	25 42	14,00	0,100-0,078	899	141,10
8	11 52	25 44	14,00	0,098-0,085	924	142,20
9	1 24	25 "	14,40	0,098-0,086	924	142,20
10	3 sett.e	" "	"	" "	840	141,80
11	id.	" "	"	" "	840	142 "
12	4 sett.e	21 40	16,60	" "	728	142,50
13	id.	23 7	15,60	" "	700	142,90
14	id.	25 4	14,30	" "	700	142,90

Paragonando fra loro queste tre macchine, è da osservarsi che l'effetto utile prodotto dalla combustione di 28 chilogrammi di legna, a velocità eguale, è di:

12 tonnellate 77 per la Bavaria (n.° III)
8 tonnellate 50 per la Seraing (n.° IV)
7 tonnellate 90 per la Neustadt (n.° II).

La Commissione esaminatrice, dopo aver riconosciuto la superiorità della macchina *Bavaria*, ha tuttavolta assoggettato queste tre locomotive ad un'ultima prova, facendo far loro l'intero tragitto del Semmering durante le giornate 5, 6, 10 ed 11 settembre.

Ecco le cifre comparative rispetto a queste corse:

MACCHINE	CARICO in tonnellate	VELOCITÀ all'ora in chilometri	CONSUMO di legna in chilogrammi
Bavaria (III)	160	16—60	1260
Seraing (IV)	142	16—10	1050
Neustadt (II)	141	15—70	1383

Queste prove non hanno fatto che confermare le sperienze sopraindicate; la Bavaria è stata la prima delle tre macchine, così per la velocità, come per il minimo consumo del combustibile, quanto per il peso del suo carico. Il prezzo di 20,000 ducati fu dunque ad essa finalmente aggiudicato.

„ Si eseguì nel tempo stesso l'operazione, che era molto difficile, di dare alla catena la tensione voluta, mentre troppo lunga essa oscilla, troppo corta impedisce la rotazione dell'avantreno e corre il rischio di spezzarsi. Il giuoco delle chiavarde fu trovato di met. 0,05 in totalità; cinque chiavarde si curvarono. Le riparazioni furono praticate immediatamente, e si procedette al terzo viaggio.

3.° La distanza percorsa fu di 100 chilometri; le vetture furono 8, il peso fu di 144 tonnellate, e la velocità di 22 chilometri all'ora. La catena sdrucciolò nuovamente. La macchina abbisognando di riparazioni, i viaggi dovettero essere interrotti per 6 giorni.

4.° Riparata la macchina, si ripigliarono gli sperimenti. Il convoglio fu di 7, 10 e 14 vaggoni; la velocità variò dai 15 ai 22 chilometri. In quel giorno la catena stette salda.

5.° Le condizioni del tragitto furono le stesse di quelle del giorno prima. Bisognò arrestarsi per via; furono perdute due chiavarde delle catene.

6.° Il cattivo tempo produsse lo sdrucciolamento delle ruote. Inoltre il cilindro urtò in una grossa pietra; ed in seguito di questo accidente fu interrotto il viaggio.

7.° In questa corsa i raili, sebbene coperti di ghiaccio, non produssero sdrucciolamento; ma si perdettero due chiavarde dalle catene.

8.° Il treno era composto di 6 vaggoni. In una gran curva, e sopra una debole pendenza, la catena si spezzò. Nel momento di questa rottura, il vapore non esercitava che una debole pressione. La locomotiva aveva acquistato un forte barcollamento, durante il quale la catena, allungatasi negli ultimi viaggi, si bilanciò alla sua volta, e montò probabilmente sui denti dell'ingranaggio. Essa dovette spezzarsi in conseguenza di una forte tensione, e fu trovata fra i raili ad una distanza di 20 metri dal sito dove si era arrestata la macchina. L'esame della catena e dei pezzi trovati lungo la via, ha fornito indicazioni sulle cause della rottura.

9.° Per ispingere questo sperimento fino all'ultimo limite si riparò la catena ancora una volta. Ella si ruppe di nuovo come nei viaggi precedenti. Tali rotture ebbero luogo ogni volta che la macchina procedeva col tender davanti.

La macchina stessa soffrì molto, e cessarono i viaggi.

Il tragitto totale percorso dalla macchina Baviera fu di 1,287 chilometri. È a notarsi che durante i saggi questa catena, sorvegliata di una maniera speciale, non potè mantenersi solida. Tuttavolta per poter pronunciarsi di una maniera assoluta intorno a questo sistema si è proceduto nuovamente alle riparazioni, introducendovi parecchi perfezionamenti. Si sostituirono i denti dell'ingranaggio con denti appuntiti in forma di cono; si adoperarono delle chiavarde d'acciaio, si arrotondarono gli anelli per facilitare l'attacco dei denti; finalmente, si posero in luogo di anelli a fori ovali, anelli a fori circolari.

Non è necessario riferire tutti i fatti di queste nuove esperienze; basta il dire che durante i tredici giorni nei quali ebbero luogo tali viaggi, la catena si è costantemente allentata e allungata, e le sue chiavarde furono talmente mal concie da dover esser poste fuori di servizio. Alternativamente rotta e riparata questa malangurata catena non fu più sufficiente negli ultimi viaggi.

Sarà egli perciò necessario rinunciare a questa specie d'accoppiamento? Tale è la questione che si presenta naturalmente da sè.

Ma torneremo sopra questo argomento

quando ci faremo a parlare dei diversi Motori usati nelle strade-ferrate; e per ora ripigliamo il filo della nostra Istoria.

La concessione ad una compagnia francese d'alcune strade di ferro appartenenti al dominio austriaco, è uno degli ultimi avvenimenti che merita di essere registrato. Nessun commento in proposito dal lato nostro; ma riferiremo solamente alla lettera le parole espresse del sig. C. Blaise (des Vosges) in un suo articolo inserito nel *Journal de Chemins de fer* del 4 novembre 1854:

« Durante il periodo accordato alla compagnia francese per rendere definitivo il trattato provvisorio stabilito col governo austriaco, non possiamo senza inconvenienti entrare nell'esame del valore industriale dell'operazione; ma non v'ha alcun dubbio intorno agli avvantaggi ch'esso sarà per procacciarci sotto al doppio punto di vista politico ed economico. — Non è ella in fatti una verace conquista per la Francia e di cui essa ha d'onde insuperbire, nel vedere un potente impero come l'Austria reclamare la sua assistenza per isviluppare nei suoi Stati le sorgenti della sua ricchezza? Politicamente parlando, questo è un fatto molto rimarchevole, qualora si voglia sovvenirsi della diffidenza che da 25 anni allontava dalla Francia le potenze tedesche, che rese così laboriose e difficili le negoziazioni relative al matrimonio del duca d'Orleans, e condusse nel 1840 alla segnatura del famoso trattato del 15 luglio, o della quadrupla alleanza. Economicamente considerata poi la questione, non è questa forse la prova di un progresso immenso raggiunto in un periodo di meno che quindici anni?....

» Ciò non pertanto, il giusto sentimento di fierezza che noi proviamo, potrebbe esso acciecarci intorno agli avvantaggi di questa espansione esteriore della nostra attività? Potrebbe esso nascondercene i pericoli e gl'incovenienti, e non permetterci di calcolare esattamente il limite delle nostre forze? Ciò è quanto torna molto opportuno di esaminare.

» Dove esistessero ancora alcuni partitanti del sistema della bilancia commerciale, vedendo per noi un doppio pericolo nell'aumento delle importazioni e nella uscita del numerario, certo troverebbero d'onde allarmarsi; imperciocchè la prima conseguenza di un tal partito essa è quella d'impegnare dei capitali francesi in un'industria straniera, e la seconda di sviluppare la produzione della industria estera, e di accrescere così gli oggetti di cambio che si verrà ad offerirci in pagamento dei nostri. Ma ciò che avrebbe certamente spaventato i seguaci dell'antica scuola quarant'anni fa, è ciò di cui precisamente si felicitano le menti più illuminate della generazione presente.

» L'accomandita che si tratta in questo momento di confidare all'industria austriaca, ci renderà il centuplo, e non solamente sotto forma di rendite dirette, ma sopra tutto per l'allargamento di un commercio, ristretto al giorno d'oggi per la insufficienza del lavoro e dei mezzi di cambio. Sono oggimai dei produttori che noi andiamo a creare in Ungheria ed in Boemia pei nostri consumatori, rendendo quelle fertili provincie più laboriose e più feconde. — Non si rende con profitto se non da coloro che possono pagare; non si rende molto se non da coloro che producono molto. Questa è una verità dimostrata, e che sorge dalla osservazione stessa la più superficiale. Con quali paesi la Francia mantiene essa le relazioni commerciali più attive e più profittevoli? se non se coi paesi più ricchi, e che sviluppano il più rapidamente la loro popolazione e la loro produzione; vale a dire coll'Inghilterra, cogli Stati-

Uniti, col Belgio, colla Svizzera, colla Sardegna.

» Con chi facciamo noi il meno d'affari? Colle potenze barbaresche, con l' Italia, con l' Austria, vale a dire coi paesi dove il lavoro industriale è meno animato.

» Aiutando l'Austria a mettere in opera gli elementi di ricchezza ch' ella tiene dalla munificenza di Dio, le sue miniere, le sue foreste, il suo ammirabile suolo, noi togliamo a crearci degli aquirenti diretti o indiretti dei nostri prodotti, dei nuovi fornitori per certi articoli di cui abbisogniamo, e noi guadagniamo così da tutte le parti.

» Frattanto, consumiamo noi forse eccessivamente le nostre forze (se gli avvenimenti politici lo permetteranno) realizzando il trattato che concede a una società francese tre linee di strade-ferrate in Austria, delle miniere, delle foreste, ed una grande estensione di terre coltivabili? Basta il rendersi conto delle somme da somministrare e dei termini del pagamento, per tornare compiutamente rassicurati in proposito.

» Il prezzo di acquisto è fissato a 200 milioni e pagabile di mese in mese, in tre anni, senza interesse.

» Un capitale di 100 milioni circa sembra inoltre necessario per terminare i lavori, fornire il materiale, e mettere in attività alcune miniere, i cui prodotti sono necessarii alla stessa strada di ferro.

» Gli è dunque in tutto un 300 milioni che bisogna pagare in quattro anni circa, vale a dire 75 milioni all' anno. È d' altronde probabile che un tale esborso possa dividersi in tre parti:

una per la Francia;

una per la Germania;

una per l' Inghilterra.

» Vale a dire 25 milioni all' anno per cadauna. Evidentemente questa è una somma minima che noi possiamo benissimo distrarre dai nostri proprii commerci senza provocare alcun disagio, senza neppure accorgercene. Dopo di avere assunto una tale accomandita, noi non siamo d' altronde tenuti di conservarla, se essa c' imbarazza. Noi potremo sempre cederla ad altri, alla Germania stessa p. e., cui si tratta solamente di dar confidenza nelle proprie forze, come il concorso degl' inglesi, dopo il 1840, ci ha dato confidenza nelle nostre al punto da farci riacquistare le azioni delle nostre diverse linee ferrate.

» Non vi è dunque luogo che a lodarsi, sotto a tutti i rapporti, della riuscita delle negoziazioni che danno alla Francia una posizione così onorevole e nel tempo stesso così avvantaggiosa in Austria, e le permettono di accrescere i servigii che essa ha così frequentemente renduti alla civilizzazione.

ITALIA AUSTRIACA.

Strada-ferrata Lombardo-Veneta.

Nell'aprile dell'anno 1840, dopo l'approvazione preliminare degli Statuti e del Progetto tecnico, fu conceduto da S. M. I. R. A. alla Società Lombardo-Veneta, all'uopo costituitasi, il *privilegio definitivo per la costruzione della strada-ferrata da Venezia a Milano*, prefiggendosi, per la compiuta esecuzione della medesima, il termine di anni 10, decorrenti dal 27 ottobre dell' anno stesso.

Allora nacque la troppa nota controversia tra i Bergamaschi e gli altri interessati Lombardi, i primi perchè la strada passasse lungo il piè dei monti, toccasse Bergamo e Brescia, gli altri perchè pel sottoposto piano andasse quella invece a Treviglio, e volgesse a Brescia e Verona.

Entreremo in alcuni particolari di quella mal augurata vertenza.

Fin dal primordii, le azioni correvano ad altissimi prezzi: delle 50,000 emesse se ne dicevano a Vienna 36,000. In quel torno istesso si costruiva il tronco da Milano a Monza, e n'ebbe a fare l'acquisto la ditta Arnstein-Eskeles di Vienna, la quale avea spacciato, senza esservi antorizzata, azioni per lire 3,600,000, che vendette sino al 240 per 0/0, e che fu poi costretta di ritirare.

Contemporaneamente sorse un' altra società per nna strada da Monza a Bergamo, di cni si negoziarono le *promesse d' azioni* sino al 140 per 0/0: ed un' altra ancora per nna strada tra Bergamo e Brescia, le cui *promesse d' azioni* toccarono il 109 per 0/0, senza che neppnre se ne fosse abbozzato il progetto.

Il 30 luglio 1840, si convocò In Venezia il primo congresso degli azionisti della strada-ferrata Lombardo-Veneta; e divulgatasi l'intenzione di proporre l' incominciamento dei lavori tanto da Milano verso Treviglio, come da Venezia verso Padova, lungo la linea approvata dal governo, i proprietarii della strada di Monza, ed i negozianti delle azioni delle ideate vie di Bergamo e Brescia immaginarono nna variazione alla linea approvata nella tratta tra Brescia, e Milano, allo scopo di attirare così tutto il transito lombardo-veneto snlle loro linee speciali; o più propriamente per accrescere il lucro degli *aggiotaggi*. Divisero perciò le azioni della detta strada che aveano acquistate, in altrettante diecine, affidandole a persone incaricate di rappresentarli, onde procacciarsi così una maggioranza nel congresso; e trovati opportuni agenti, ebbero eziandio nell'avvocato Castelli di Venezia, giureconsulto accreditato ed influente, l' nomo che s' incaricò di fare la nuova proposta.

Ma il partito della linea *più breve*, che volea il contemporaneo Incominciamento de' lavori dalle due parti, onde *più presto fosse la strada compiuta*, vi resistette, osservando non potere la quistione esser discussa, perchè non compresa nel programma di convocazione. I dissidenti ricorsero al governo di Venezia perchè dichiarasse lecita quella discussione, ma la domanda fu rejetta. Appellatisi di tale decisione a S. A. I. l'arciduca vicerè, questi, riformato il decreto governativo, permetteva la discussione.

L'avvocato Castelli sorse quindi a proporre: « Che s' Incominciassero snbito i » lavori del ponte snlla laguna, e del » tronco dalla laguna a Padova, e pel » lato lombardo fosse nominata una commissione, col mandato di giudicare, se » fosse preferibile di congiungere Brescia a Milano per la via di Bergamo » e Monza, anzichè per Chiari e Treviglio, come nel progetto approvato. » La proposta Castelli ottenne la maggioranza, ed ammessa che fu, nacque una divisione di partiti, e quindi una animatissima polemica, mentre era stata lasciata dal governo ai contendenti piena libertà di discutere per mezzo della stampa le rispettive ragioni.

La commissione eletta a giudice proferì nn voto favorevole alla proposta nel termine fissato.

Gli opuscoli snlla detta quistione e sul giudicio pronunciato uscirono in gran numero, e sarebbe opera lunga e malagevole il darne un sunto. — Stanno raccolti in nn grosso volume che si può volendo consultare, come storica curiosità. Un altro volume contiene gli articoli pubblicati nell' appendice della *gazzetta privilegiata* di Venezia dall'aprile al l' agosto 1841. — Sono principalmente degni di menzione qnelli del chiarissimo ingegnere Paleocapa, ora ministro delle

pubbliche costruzioni in Piemonte, e dei signori avvocati Manin, Castelli, Pasini e Anselmi, nonchè quelli degli ingegneri Possenti e Rossetti, del dottor Carlo Cattaneo, dell' ingegnere Milani, ec., ec.

Il giorno 12 agosto 1841 si radunò in Milano il secondo congresso; ma le peripezie commerciali *avevano mutate le volontà*. Le azioni erano scadute per modo da non trovar più eredito e spaccio, e stagnavano a grosse partite in mano di pochi. — Il municipalismo bergamasco era stato invero grandemente eccitato con ogni mezzo, ma si trovò impotente a sostenere l'assunto; laonde non si parlò più della linea, e solo devennesi ad eleggere una commissione, la quale si recasse in Vienna onde intercedere un soccorso governativo atto a dar nuovo credito alle azioni. Il partito contrario alla linea di Bergamo, ed avverso all'*aggiotaggio* avendo interesse acciò l'altro non riuscisse nel proprio intento, prese il pretesto della verificazione dei poteri, perchè ogni deliberazione fosse in quella tornata impossibile, e riuscì. Non avendo potuto comporsi la dissidenza delle opinioni, il commissario governativo dichiarò sciolta l'adunanza.

Dopo quel giorno, Milanesi e Veneziani (non trafficanti) acquistarono azioni, e rappresentarono a S. M. I. e R. le cause che avevano turbato l' ordine della società, e la necessità di cominciare i lavori anche dal lato di Milano, lungo la linea del privilegio. Emanarono di conseguenza parecchie risoluzioni sovrane, tra le quali quella in cui la strada Lombardo Veneta fu dichiarata *strada dello Stato*, cioè da Venezia, Padova, Vicenza, Verona, Brescia, Treviglio a Milano; e la quistione di Bergamo fu sepolta.

Nel volume degli opuscoli può leggersi quello intitolato: *Cenni sulla quistione*, ecc., di J. P. (Jacopo Pezzato), dove sta esposta la storia più esatta dei fatti, e narrasi l'esito delle immaginate strade da Monza a Bergamo, e da Bergamo a Brescia.

Dovendosi profferire su quella vertenza un' opinione imparziale, non si potrebbe a meno di non condannare altamente *il fine dell' aggiotaggio* che suscitò la quistione; ma attentamente studiato il voto emesso dai chiarissimi membri della commissione eletta per giudicarne, vale a dire dei sig. Carlini, Bazziui, Borgnis, Cattaneo e Zuradelli (il qual voto leggesi nella gazzetta di Milano del 24 marzo 1841); e *poste per vere* le circostanze di fatto allegate, sembrano esse d'altra parte *meritevoli di seria considerazione*; e risulta quindi che se per Treviglio era ed è il pregio della maggior brevità e delle minori pendenze, e fors' anche della minore *primitiva* spesa, dall'altro canto apparisce scemata la spesa di manutenzione *proporzionatamente*, e maggiore l' affluenza dei viaggiatori per la più gran massa di popolazione che ne profitterebbe, e quindi probabile *una maggior rendita*.

Del resto, le modificazioni reputate *utili* alla linea *intera*, potrebbero forse ancora accennare ad esaudire il voto dei Bergamaschi, ed a rendere *più proficua* la strada di Monza, finora considerata perdente.

Un'idea di conciliazione fu esposta allora dal sig. de Kramer, di lasciare cioè alle società formatesi per la strada da Milano a Brescia per Bergamo, il pensiero di attuar quell' impresa, ed in vece di seguire *la linea Milani* da Milano a Brescia per Treviglio, procedere piuttosto da Milano a Lodi, Cremona e Mantova, indi a Verona, congiungendo così con una linea trasversale Brescia e Mantova, e risparmiando due tronchi: uno da Cremona a Treviglio per Soresina, e da Treviglio a Bergamo; l' altro da Lodi a Crema e da

Cremona a Treviglio, omettendo eziandio la linea da Verona a Brescia per la Volta, che fu poi quella adottata.

Abbiamo cercato d'esporre in succinto la vertenza bergamasca, onde poi vennero tante contraddicenti pubblicazioni; ma sebbene ci siamo studiati di entrare nel vero spirito dell'argomento, non ad altro riuscimmo che a trovare giusto nello storico Petitti: 1.° il dolore di vedere uomini di ebisro ingegno, aventi patria comune, entrati in un'impresa, proclamata *utilissima*, abbandonarsi ad una polemica *acerba*, nella quale prevalsero le più dure e spiscevoli personalità; 2.° di vederli intesi a quistioni di *puntiglio*, anzi che al *vero utile*, obbietto cui avrebbero dovuto tendere, anche a costo di reciproci sagrifici, avendo dato così agli stranieri ragionevole appiglio di accagionarci della poca nostra concordia, e di aver ceduto, fors'anche senz'avvedersene, ad un gretto municipalismo; 3.° il rammarico di scorgere come quello stesso personale puntiglio movesse a mutare opinioni, prima sostenute con gran calore e pari ingegno; 4.° giusto finalmente, il ribrezzo in lui destato da una discordia nata dall'incitamento *di esteri speculatori*, ai quali molti piegarono il proprio voto, certo non per cause disonorevoli, ma per poca avvedutezza.

Come abbiamo detto, fino dal 1841 erasi già posto mano alla costruzione della tratta di ferrovia da Padova all'ultimo labbro della terra-ferma verso Venezia, per la lunghezza di 33,100 metri; e tanta si fu la diligenza usata in questo lavoro, ch'essa fu aperta al pubblico il 12 ottobre 1842. Il ponte sulla laguna avrebbe avuto il suo compimento nel 1845.

Intanto, cessato il primo bollore della speculazione, sopraggiunte le già dette acerbe contestazioni fra gl'interessati, subentratovi il solito raggiro dell'*aggiotaggio*, succedeva l'ordinaria conseguenza di esso, la crisi commerciale o mercantile; sicchè gli azionisti, i quali erano per la massima parte speculatori d'azioni, si rifiutarono di soddisfare agli ulteriori versamenti; laonde, a termini dello statuto, grandissimo risultò il numero delle azioni perente.

In siffatta critica condizione di cose, ond'era minacciata seriamente l'esistenza futura della società, la direzione della medesima molto opportunamente pensò di supplicare S. M. perchè il sovrano favore accorresse in suo soccorso, mercè specialmente la domandata *garanzia di una rendita* corrispondente al frutto del capitale impiegato nell'acquisto delle azioni medesime.

Da ciò le due preaccennate Sovrane risoluzioni 19 ottobre 1841, e 3 gennaio 1842.

La prima promulgò la creazione delle *strade-ferrate dello Stato*, tra le quali annoveravasi *la linea da Venezia al lago di Como, passando per Milano*, con questi termini:

« Per quelle strade di ferro che fossero dichiarate *strade di Stato*, e sulle quali delle private imprese avessero conseguito un privilegio, saranno le società trattate a norma dei privilegii loro concessi, con questo però, che qualora le società non fossero in grado di mandare a compimento l'opera della strada, sarà dessa compita a spese del governo. »

Coll'altra risoluzione del 3 gennaio 1842, S. M. I. e R. degnavasi di ordinare:

« Che venga eccitata la società degli azionisti per la strada-ferrata Lombardo-Veneta a dare una precisa e ben fondata dichiarazione sul punto: se trovasi essa in grado di portare a compimento l'opera della strada medesima

» da Venezia a Milano nel tempo e lun-
» go le linee che furono designate colle
» condizioni dell'accordato privilegio. »

La convocazione degli azionisti, stabilita pel 17 febbraio dell'anno stesso, fu prorogata al 28 di aprile; ed il congresso, in quel giorno come in quello successivo del 4 maggio, deliberò di nominare una Commissione di nove azionisti, alla quale venne imposto il mandato di studiare la vera condizione attuale della società, con farne relazione all'adunanza generale, proponendo le deliberazioni che ravviserebbe più adequate al caso.

Disimpegnata l'incumbenza, il Congresso deliberò di rispondere alla sovrana domanda sopraindicata con questi termini:

« La società trovarsi in grado di por-
» tare a compimento la strada nel tem-
» po, lungo le linee, e colle condizioni
» del proprio privilegio. »

Ma S. M. I. e R. *più avveduta mente*, per quanto sembra, *giudicò l'emergenza*; perocchè con sovrana risoluzione del 10 luglio 1842, « riconoscendo
» non soddisfacenti le illustrazioni otte-
» nute sullo stato della società per la
» strada-ferrata Lombardo-Veneta, e non
» possibile alla medesima di conseguire
» lo scopo senza i sussidii del governo,
» ordinava che fossero chiamati presso il
» signor *presidente della Camera Au-*
» *lica* in Vienna i delegati della società (i quali furono: due direttori, scelti uno per ciascheduna delle sezioni; un membro della commissione che era stata eletta per la revisione dello statuto, ed un membro scelto fra i proprietarii delle azioni cadute in difetto di pagamento, ch'erano allora in numero di 33,000 circa, sopra 50,000); e ciò a fine di
» conoscerne i desiderii, anche circa al
» modo onde avessero a prestarsi i sus-
» sidii. »

I delegati recatisi a Vienna nell'ottobre del 1842, comunicarono colla *presidenza della Camera Aulica*, e sulle loro proposte, S. M. I. e R. degnavasi promulgare, il dì 22 dicembre, le definitive sue determinazioni come segue:

« 1.° Il governo rinunciare al diritto che si era riservato concedendo il privilegio del 27 novembre 1840, di *dichiarare la caducità del privilegio* medesimo, quando la strada non fosse ultimata nel termine assegnato di 10 anni.

» 2.° La società avere l'affidamento, che se i mezzi che possiede o quelli che si procurerebbe nel seguito, fossero esauriti, senza che essa potesse compiere l'assunto con terminare la strada, questa verrebbe ultimata a spese del governo, riservata ad esso però la proprietà dei tronchi costruiti.

» 3.° Entro il periodo d'anni due dall'ultimazione della intera strada da Venezia a Milano (se questa fosse realmente compiuta coi mezzi della società) o dei soli tronchi da essa costrutti, qualora la società medesima intendesse di rinunciare al privilegio della proprietà acquisita, pel tempo residuo che quello ancora dovrebbe durare, verrebbe ammessa a suo favore la facoltà di cedere allo Stato la strada suddetta, mentre per tutte le azioni che fossero state interamente pagate, la pubblica amministrazione rilascierebbe a compenso dei possessori d'esse, *obbligazioni dello Stato* fruttanti il 4 per 0/0 per l'intero valore capitale delle dette azioni, con decorrenza dei frutti dal giorno della consegna della strada al governo, divenuto questo in tal caso pieno proprietario della medesima. »

E perchè l'evenienza delle prevedute circostanze fosse assicurata colle opportune cautele, si convenne inoltre:

« 1.° Che ad ognuna delle due sezioni della Direzione veneta e lombarda

verrebbe aggiunto, sì per la durata della costruzione, che per due anni posteriori al termine de' lavori e dell' incominciato esercizio, un *ufficiale amministrativo*, incaricato dal governo di soprantendere alla gestione dell' amministrazione sociale, ed un *ingegnere del governo*, coll' incumbenza di sopravvedere alla parte tecnica, il quale dipenderebbe immediatamente dalla *direzione generale delle strade-ferrate dello Stato*, e dovrebbe invigilare onde ogni lavoro fosse eseguito nel modo che è o sarà prescritto per le dette strade.

» 2.° Che sarebbe data facoltà alla società di lavorare contemporaneamente da Milano verso Venezia, e da Venezia verso Milano; ma, se non si ultimasse poi da essa l' intera strada, essere riservato al governo il diritto di permutare i tronchi intermedii che verrebbero da lui costrutti contro altri tronchi di eguale lunghezza, i quali partissero da uno dei punti estremi, senz' alcun compenso, eccettuato quello del rimborso del caseggiato delle stazioni. Se però la società venisse a trovarsi in grado d' acquistare i detti tronchi costrutti dal governo, ed intendesse di ciò fare, quelli verrebbero ad essa ceduti, previo rimborso della spesa incontrata dal pubblico erario per la costruzione loro, sì e come verrebbe calcolata e liquidata ne' suoi ufficii di contabilità, compreso anche il frutto del capitale al 4 per o/o, pel tempo che questo sarebbe stato impiegato.

» 3.° Che le costruzioni si dovrebbero ripartire in annate distinte ed eseguire nel tempo che verrebbe assegnato.

» 4.° Che i pagamenti degli azionisti ancora da farsi si dovrebbero distribuire in tante rate semestrali, e quelli morosi sarebbero riabilitati dall'incorsa decadenza, sempre che versàssero incontanente le quote arretrate.

» 5.° Che ogni proposta relativa al buon governo dell' impresa spetterebbe sempre alla *direzione sociale*; ma dovrebbe sottoporsi alla decisione favorevole, contraria o modificata della presidenza della *Camera Aulica*. »

Per l' accettazione di queste concessioni e condizioni, fu convocata un'adunanza straordinaria degli azionisti, la quale seguì a Venezia il giorno 24 aprile 1843. In essa i patti surriferiti vennero accolti con grato animo senz'alcuna restrizione o riserva, come appunto era spediente ed opportuno d' accoglierli.

Un versamento del 10 per o/o fu domandato agli azionisti pel giorno 10 maggio del detto anno 1843, e quello fu dichiarato obbligatorio anche pegli azionisti morosi che volessero essere riabilitati nel modo prima detto.

La maggioranza degli azionisti corrispose all' appello; perocchè sopra le . . . . azioni 50,000
si versarono le quote di . . . . » 49,445
onde rimasero solo perente. . . . . » 555
le quali, a mente dello statuto, poteansi ad altri rivendere.

La società pertanto della strada-ferrata Lombardo-Veneta, la quale assunse l' onorevolissimo titolo di *strada Ferdinandea*, fregiandosi così del nome del principe che soccorreva prudentemente alle sue peripezie, tornò per le narrate provvisioni a vita novella. — Le sue *azioni*, prima tanto scadute di credito,

che dai primi esagerati aumenti del loro valore erano arrivate a non trovar acquirenti, *tornarono tosto al pari*, ed in breve *risalirono fino al* 130 *per* o/o.— I lavori, che le seguite controversie non aveano mai lasciato intraprendere ancora sulla sezione lombarda, vennero finalmente in essa pure cominciati nell'agosto dello stesso anno 1843; mentre quelli della sezione veneta, con maggiore abilità governati, non solo mai non vennero interrotti, ma, con nuova alacrità procedendo, porgevano fondata lusinga di potersi compiere nell'epoca prima assegnata.

Nel giorno 10 giugno 1844 ebbe luogo in Milano l'annua ordinaria adunanza degli azionisti, a' quali fu presentato il rendiconto relativo all'amministrazione dei 1.° aprile 1842 a tutto marzo 1843; il qual conto, molto chiaramente intavolato ed esposto, venne dal congresso approvato. Si provvide, inoltre, da quel consesso alle *azioni perente*. Queste, ch'erano al 10 maggio 1843, come abbiamo detto, In . . N.° 555, si accrebbero ancora d'altre. » 137 fino al 31 gennaio 1844 pel tardo pagamento del 6 per o/o domandato a conto agli azionisti; laonde erano perente azioni N.° 692. Ma la direzione propose che, per casi speciali, fossero riabilitati 242 *certificati* e ne fossero emessi N.° 450 di nuovi, dichiarate definitivamente perente le prime azioni relative.

La direzione venne pure autorizzata a ricever ne' casi previsti e spiegati il versamento di tutte le rate maturande dagli azionisti che ne facessero la domanda.

In quell'adunanza, il congresso fu ragguagliato dello stato delle opere e del presunto termine d'alcune fra esse.

Dalla notizia allora pubblicata consta: che sul territorio lombardo i lavori, sebbene tardi cominciati, progredirono con notevole alacrità e buon successo. Di maniera che, essendo anche molto bene avviate le provviste del materiale fatte all'estero, speravasi vedere nel 1845 aperta al pubblico ed esercitata la linea da Milano a Treviglio, della lunghezza di metri N.° 31,674, mentre erano già molto avanzati i tracciamenti della linea tra Treviglio e Brescia.

Sul territorio veneto, oltre la strada fra Venezia e Padova, attuata fino dal 13 dicembre 1842, erano in pien corso di esecuzione i lavori di costruzione del gran ponte sulla laguna, giunto allora ai due terzi del totale suo compimento: — si era cominciata la sezione di strada da Padova a Vicenza: — erano in corso le espropriazioni ed approvati i compartimenti della stazione di Venezia, e si lavorava al tracciamento ed ai progetti esecutivi della strada da Vicenza a Verona, della quale dovea nel 1845 cominciare la costruzione, mentre sarebbe nel detto anno aperta al pubblico la linea da Vicenza a Padova.

Nel mese di gennaio 1845 i lavori del ponte sulla laguna erano infatti compinti per 3/4 parti, e tutto lasciava sperare che l'intera linea da Venezia a Milano si potesse ultimare nel 1849, quando insorsero nuove dissidenze che rallentarono la costruzione della tratta lombarda.

Stabilito il programma degli argomenti da sottoporsi alle deliberazioni del futuro congresso da tenersi in Venezia, sorsero contro di esso parecchie opposizioni dal lato degli azionisti esteri, ch'erano in maggior numero.

Volevano le due direzioni lombarda e veneta che, oltre all' esame del conto annuale ed alla elezione dei due direttori, che dovevano succedere ad altri due che uscivano di carica, si deliberasse intorno alle seguenti quistioni:

1.° Sulle azioni perente.

2.° Sull'emissione di nuove azioni di lire 500 cadauna pei 25 milioni che mancavano a compiere la strada.

3.° Perchè i direttori potessero anche scegliersi fra i possessori di 10 azioni, invece che fra quelli che ne possedevano 50, come prescrivevano gli statuti sociali. Ma il *presidente della Camera Aulica* fece loro conoscere, a mezzo dei respettivi Governi: i principali azionisti dimoranti in Vienna aver presentato una istanza perchè la direzione dell'impresa *fosse assunta* della pubblica amministrazione, affinchè quella fosse più presto mandata a termine, e doversi perciò deliberare su questo punto di preferenza ad ogni altro; non poter ammettersi quindi il proposto programma.

Infatti nelle Gazzette privilegiate di Milano e di Venezia del 10 maggio dello stesso anno si lesse invece quello che segue:

« La direzione della società dell'I. R. privilegiata strada Ferdinandea Lombardo-Veneta, agendo in conformità al § 25 degli statuti, convoca il congresso generale degli azionisti che dovrà riunirsi in Venezia nel giorno 30 giugno 1845, nella sala che verrà indicata a tempo opportuno, ed avrà principio alle ore 9 anti meridiane, avvertendo che l'ingresso, aperto alle ore 7, verrà chiuso alle ore 9, e che il congresso sarà, ove occorra, continuato nei giorni successivi.

» Gli oggetti da trattarsi, oltre quelli di consueta deliberazione, giusta il § 26 degli statuti, erano i seguenti:

» 1.° Nomina della commissione voluta dal § 36 degli statuti.

» 2.° Rapporto e proposizioni della commissione nominata nel congresso 10 giugno 1844 per l'esame dei conti.

» 3.° Proposta di varii azionisti nei termini seguenti:

» *a)* La costruzione ed il compimento della strada-ferrata Lombardo-Veneta, non meno che le cure di sua gestione, fino al compimento, vengano assunte dall'amministrazione dello Stato, ferma stante la sussistenza della società;

» *b)* Sia nominata una commissione di cinque azionisti, la quale immediatamente, e senza bisogno di ulteriore determinazione per parte della società, e in nome e per conto della medesima:

» I. Verifichi la consegna della strada, suoi accessorii, dipendenze, materiali ed altri oggetti di sua proprietà, all'amministrazione dello Stato;

» II. Tratti e stabilisca coll'amministrazione dello Stato tutte le variazioni e modificazioni che si rende indispensabile di praticare allo statuto sociale in forza del cambiamento che occasiona all'attuale condizione dell'amministrazione sociale la proposta *a)*;

» III. Tratti e stabilisca coll'amministrazione dello Stato, ed effettui col consenso della medesima, tutte le altre misure che fossero stimate necessarie od utili per dare assatto compimento alla determinazione più sopra citata sub *a)*;

» 4.° Proponga intorno ad alcune perenzioni di certificati occorse dall'ultimo congresso generale in poi;

» 5.° Sostituzione dei direttori cessanti per estrazione a sorte o per altra causa. »

La direzione ricordava poscia che le determinazioni del congresso diventavano efficaci per la società intera quando fossero prese a' termini dei §§ 31, 32 e 33 degli statuti, e ricordava competere il diritto di intervenirvi a que'soli proprietarii di certificati interinali che un mese prima della adunanza, e quindi a tutto il giorno 31 maggio corrente, apparissero intestati nei libri della società almeno per 10 certificati interinali d'azione.

Seguivano dappoi le discipline per le notificazioni dei certificati da prodursi

alle sezioni direttorie in Venezia ed in Milano.

Il congresso generale degli azionisti della strada Ferdinandea, ch'era stato convocato a Venezia pel 24 luglio prima di udire la solita relazione del conto annuale 1843-44, raccoglievasi per sentire quella del commissario governativo intorno alla domanda degli azionisti esteri, di cui al n.° 3 del programma. Uno de' revisori leggeva una memoria sui motivi che aveano spinta a fare tal domanda, ed era vivamente applaudito dai molti azionisti e rappresentanti loro intervenuti. Il presidente, avendo aperta sur essa la discussione, un solo oratore sorgeva a combatter la proposta (il ven. avv. Daniele Manin), opponendo specialmente l'inopportunità della medesima. Ma l'adunanza lo interrompeva aspramente, ed il commissario governativo sorgeva ad avvertirlo di tenersi ben lontano dal porre il menomo dubbio sulle ottime intenzioni del governo, la quale esortazione era applauditissima. L'oratore proseguiva dicendo che la strada si compirebbe presto, aumentando con nuove azioni il capitale sociale, senza che fosse mestieri ricorrere perciò ad un suicidio, ma fu sbeffeggiato dall'impaziente adunanza. Dopo aver quindi disensso sè il voto relativo sarebbe palese, o segreto, il presidente, cui competeva decidere la quistione, essendo del secondo parere, ordinò il voto segreto, e si procedette alla votazione, il risultato della quale fu di 883 voti favorevoli e soli 34 contrari alla proposta.

Passata quindi l'adunanza ad eleggere la commissione incaricata di trattare col governo intorno alla proposta medesima, vennero eletti i sign. Escheles e Pereira, banchieri di corte residenti a Vienna, cavaliere de Bruck, direttore del *Lloyd austriaco* di Trieste, Reali ed Aresani. — Sopra 337 azioni nuovamente perente, perchè non aveano soddisfatto ai pagamenti dovuti al 31 luglio 1844 ed il 31 gennaio 1845, 336 chiesero d'essere riabilitate, e lo furono, purchè pagassero entro settembre 1845 quelle due rate, e la terza, dovuta il 31 luglio, allora in corso. I revisori furono abilitati a dare l'assolutorio del conto riferito 1834-45, senza nuovamente riferirne al futuro congresso. Vennero eletti direttori destinati a succedere a quelli uscenti per estrazione a sorte. Tutti i direttori veneti rinunciarono all'ufficio. Rimasero in carica quelli lombardi, e se ne elessero altri veneti. Dopo di che, venne sciolto il congresso.

Avendo il congresso generale deliberato di supplicare il governo di dar termine egli stesso all'opera della strada Ferdinandea, fu aderito a siffatta richiesta, e la strada passò definitivamente nelle mani dello Stato (1).

Riepilogando i progetti proposti ed i fatti occorsi in quell'epoca burrascosa, il signor Carlo Ilarione Petitti, dalla cui opera delle *Strade ferrate Italiane* (Capolago 1845) abbiamo tolte queste notizie, chiude la sua relazione colle seguenti considerazioni:

« 1.° Venezia, grandemente decaduta dal primiero splendore, e fatta, da ricca, misera, venne dal nuovo suo governo e dall'illuminato patriottismo di alcuni suoi cittadini richiamata a vita novella. Il *porto franco* concedutole restituì

(1) Oggidì (febbraio 1855) la gran linea da Milano a Venezia è ancora interrotta da una laguna. Da Milano non parte che un piccolo tronco di 4 leghe austriache (circa 46 minuti di viaggio), poi esiste un intervallo fra Treviglio e Coccaglio di 3 1/2 ore di cammino. Segue quindi la grande sezione compiuta da Coccaglio a Venezia, la cui lunghezza è di 26 leghe austriache.

La progettata linea di congiunzione con quella di Trieste a Vienna non è compiuta che da Mestre a Treviso. (N. del Compil.)

qualche attività al suo traffico di mare. L'opera grandiosa della diga marmorea di Malamocco promette assicurare il ricovero degli approdanti. La colossale opera del ponte sulla laguna, congiungendo Venezia alla terra-ferma, compierà il pieno suo risorgimento. Perocchè la detta unione faciliterà ogni speculazione di commercio sì interno, che estero allo scalo veneto.

» 2.° Milano e la Lombardia, dopo aver avuto altre volte fiorente industria sì agricola, che commerciale, durante il dominio spagnuolo, non d'altro occupato che di smungere quelle terre ubertose, opprimendone le svegliate ed attive popolazioni, esse pure decaddero a segno, che al finire del secolo XVII ed al principiare del XVIII la terra lombarda, da guerre incessanti d'altronde desolata, come dalle pestilenze e dalle epidemie, presentava l'aspetto della estrema miseria. Ma cessato, la Dio mercè, quel dominio letale, e succedutone un altro più castigato e paterno, sebbene pur forestiero, fino dal principiare del secolo scorso esse pure risorgevano; se non che la prima soltanto di quelle due industrie fioriva, mentre l'altra appena dall'esordio del corrente secolo prese un notevole avviamento. E certo questo devesi in gran parte all'ottima sistemazione delle strade *ordinarie*, le quali da abilissimi ingegneri costruite e mantenute, nel cessato regno d'Italia, come dopo il tornato dominio austriaco, da cui costituivasi il regno Lombardo-Veneto, potevano e possono altrui servire d'esempio.

» 3.° La novella maniera d'ordinare le comunicazioni, mercè delle vie ferrate, dovea naturalmente mostrarsi applicabile al regno suddetto, specialmente collo scopo d'avvicinare il primo scalo marittimo, e la seconda città d'esso regno alla sua prima capitale, comprendendosi come Milano e Venezia, congiunte con poche ore di cammino, avrebbero dovuto grandemente vantaggiare i rispettivi traffici a vicenda.

» 4.° Se i primi autori del divisamento d'aprire una via ferrata tra Venezia e Milano furono certamente mossi dal pensiero, altrove mandato con buon successo ad effetto, di tentare una proficttevole speculazione bancaria, non è men vero però, che l'idea loro trovò favore nell'universale, perchè la coscienza del maggior numero sentiva l'utilità dell'assunto.

» 5.° Quindi è che, non solo le autorità municipali assentivano al progetto, ma le stesse autorità superiori cui appartiene conoscerne e giudicarne, si mostrarono ad esso propense; nè, dopo avere studiato l'affare, denegarono quella protezione efficace, che sola potea farlo procedere a seconda del bisogno.

» 6.° Compilato da valente ingegnere il progetto *di massima*, e costituitasi la società, da alcuni notabili *fondatori*, perchè potesse la società medesima operare legalmente, ricorrevasi all'approvazione governativa, la quale dalla sovrana autorità con premura venne conceduta.

» 7.° È da lamentare però, che fin dal primo esordio l'impresa, da pochi considerata come un *assunto italiano* di *pubblica utilità*, fu dal maggior numero de'partecipanti riguardata come *una speculazione di Borsa* da tentarsi utilmente, atteso il preveduto aumento del valore al corso delle azioni.

» 8.° Quindi gli scandali dell'*aggiotaggio* e del giuoco che lo alimenta; quindi le sempre succedenti crisi di quelle operazioni di credito più fittizio che reale; quindi lo scoraggiamento dei perdenti al giuoco, onde il discredito ed il grave pericolo di veder tornare fallita l'impresa, con immenso pubblico danno, con disdoro del paese.

» 9.° Il governo, veduti gl'inconvenienti della speculazione privata, in cui s'era troppo insinuato il giuoco, saviamente avvisava che difficilmente essa avrebbe potuto riuscire nelle imprese di grandi linee di vie ferrate, e che per conseguirne gl' incontrastabili vantaggi, era spediente ed opportuno il soccorso e l'opera del pubblico erario e de' suoi uffiziali.

» 10.° Quindi, con provvedimento legale, il principe decretava *le linee di Stato*, il maggior numero delle quali assumeva di far eseguire a carico proprio, mentre per le altre, concedute a forma di privilegio attribuito a' privati od a società, riservavasi di farle terminare a proprie spese, quando per difetto di mezzi non avessero i concessionari potuto compierle, salvo a rimborsar loro le spese prime.

» 11.° La società della via Ferdinandea non tardava ad avere necessità dell' applicazione a suo riguardo del provvido e paterno decreto. Chiamato il sussidio governativo, se ne concedeva il benefico affidamento; questo solo bastava a far risorgere il credito dell' impresa; ma le *azioni* d' essa, nuovamente poste al giuoco, tornate in pregio con largo premio, uscivano quasi tutte d' Italia.

» 12.° Allora in vece gl' Italiani avrebbero dovuto procurare di *conservare nella penisola le loro azioni*; e, postochè le medesime presentavano in fio del conto un sicuro e discreto collocamento, non avrebbero più dovuto cederle ai banchieri esteri, ed unicamente occupati di mandare a termine l' opera, avrebbero dovuto cercare di sollecitare la pronta compilazione de' progetti definitivi e l' approvazione loro per tosto curarne l' esecuzione.

» 13.° Nella sezione veneta questo scopo era in parte raggiunto; in quella lombarda sgraziatamente non succedeva altrettanto; o sia che lo spirito di *municipalismo* vi fomentasse le gare, o sia che lo scarso numero degli *azionisti* poca premura potesse aver per l' impresa, o sia che il concorso di varie circostanze la rendessero sempre tarda ed anche periclitante; fatto sta, che la gestione d'essa *non procedeva con quell'attività ed energia di provvisioni*, che pur era necessaria all' uopo.

» 14.° Allora il maggior numero degli interessati esteri ricorreva al governo, perchè con un più diretto intervento soccorresse all' assunto, onde mandarlo a termine; procurando così di renderlo produttivo per coloro che vi avevano investiti i propri capitali.

» 15.° Se devesi lamentare che l' impresa, probabilmente in seguito di tal domanda, disciolta cessi dall' essere, come pur avrebbe dovuto, *una speculazione italiana, nell' interesse dell' universale*, poichè gli è quello l' unico spediente atto a compir l' assunto, è forza desiderare che venga l' istanza, d'altronde all' equità non contraria, accolta.

» 16.° Fin qui della via Ferdinandea; un' altra pure ideata da Milano a Como, e conceduta ad un privato, benchè di più facile esecuzione, *non era più felice*. Le contestazioni litigiose insorte tra il primo concessionario ed il suo rilevatario, facevano sospender l' opera, e l' ordinamento istesso della società che l' avrebbe dovuto assumere.

» 17.° Un'altra concessione fu accordata ed attuata da Milano a Monza, e sebbene dapprima essa venisse valutata a somma di cui si poteva sperare frutto adequato, cresciuto il valore ideale dell' impresa, questa di poi cedevasi ad un prezzo cui si suppone non sia la reodita adequata. Codesta speculazione men buona adunque si potrà tuttavia migliorare quando estesa quella linea verso Bergamo e verso Como nel modo accennato, si potrà così

procurarle un ben maggior numéro d'avventori.

» 18.° Quantunque debbasi lamentare il ritardo frapposto alla compilazione ed approvazione de' progetti particolareggiati, tuttavia, posto che esso è seguito, trovasi un compenso nell' opportunità di rettificare mercè di alcune varianti ed aggiunte la linea proposta dall' ingegnere Milani nel suo progetto *di massima*. Queste varianti ed aggiunte sembrano consigliate dal pensiero:

» 1.° Di meglio far corrispondere l' intera linea inferiormente a Chiari, e specialmente dallo scalo veneto, col lago di Como, d'onde alla Svizzera ed alla Germania meridionale sarà facilitato il transito;

» 2.° D'assicurare alla città di Bergamo, così importante pe' suoi traffici, una più facile e più diretta corrispondenza con Milano e colla linea Ferdinandea intera, inferiormente al detto punto di Chiari;

» 3.° Di meglio accostarsi al lago di Garda colla proposta variante di direzione da Brescia a Verona, onde accrescere il numero dgli avventori, che certo da quelle rive e dalla vicina strada del Tirolo verrebbero;

» 4.° Di procurare, colla giunta proposta da Peschiera a Mantova, una più diretta comunicazione di quella fortezza colla via Ferdinandea, con profitto altresì delle altre provincie che ne sarebbero più lontane verso quella parte;

» 5.° Di congiungere il termine di quella linea (Mestre) collo scalo di Trieste, onde assicurare così le comunicazioni in modo non interrotto da Vienna a Milano;

» 6.° Di congiungere ugualmente la detta linea Ferdinandea collo Stato pontificio da Padova a Ferrara, ed atteso lo sperabile vantaggio della navigazione sul Po, non solo di procurare che la linea da Padova a Bologna intersechi a Ferrara il gran fiume, ma con altra breve tratta aggiunta da Chioggia alle foci meglio navigabili del Po verso Ferrara, pure accrescere il concorso delle merci a quel punto;

» 7.° Finalmente, di porre Milano in relazione diretta colla via che pegli Stati parmensi, estensi e pontifici deve condurre allo scalo d' Ancona, e col tempo fors' anche da esso; o frattanto da Bologna, alla Toscana, a Roma ed a Napoli; congiungendo altresì le partenze da Milano per la direzioni finora accennate con altre linee che toccassero a quelle degli Stati.

» Mercè di questi divisamenti, non vi ha dubbio che il traffico, sì estero che interno, del regno Lombardo-Veneto avrebbe un notevolissimo incremento, il quale tutto intero tornerebbe a suo profitto e ad universale interesse della penisola. »

STRADA-FERRATA PIEMONTESI.

In Piemonte sono urmai designate le linee principali di una vasta rete (forse troppo vasta) e di cui sarà cosa saggia graduare l' esecuzione e dividerla per un non breve numero di anni, ma il cui concepimentu rivela vedute molto perspicaci e patriottiche, a di cui la Francia stessa deve preoccuparsi nell' interesse del suo commercio di transito.

Torino è naturalmente il centro di questa rete, la quale comprende:

1.° Una gran linea da Genova ad Arona sul lago Maggiore destinata ad unirsi, a mezzo della navigazione a vapore sul lago, colla linea svizzera del Lockmanier, la quale metterà al lago di Costanza, e si congiungerà così colle strade tedesche. Questa linea ha per iscopo evidente di attirare tutto il commercio dell' Allemagna meridionale col Levante. Essa è compiuta da Genova fino a Novara, ed è prossima ad esserlo fino ad Arona.

La strada appartiene allo Stato, che l' ha eseguita a proprie spese.

2.° Una linea trasversale diretta dal nord-ovest all' est, da Genova ai due punti delle frontiere austriache per Aix-les-Bains, Ciamberì, San Giovanni di Morienna, Modana, Susa, Torino, Vercelli, Novara, Mortara e Vigevano. Questa linea è divisa in parecchi tronchi. Il primo da Genova a Modana, intitolato a Vittorio Emmanuele, fu concesso ad una società franco-piemontese presieduta dal sig. C. Laffitte. Per una legge votata da poco nelle camere piemontesi, gli obblighi della società furono ridotti per il momento all' esecuzione della sezione compresa fra Aix-les Bains e San Giovanni di Morienna; questa è la parte più facile e produttiva della linea; vi sarà aggiunta senza dubbio più tardi una diramazione da Grenoble a Montmeliant, già tracciata dalla natura, e che potrà servire la ricca e popolosa vallata del Gresivaudon.

Il secondo tronco comprende la traversata del Moncenisio, problema difficile, ma non insolubile, e più finanziero che tecnico, mentre occorreranno a risolverlo più di 50 milioni.

Il terzo tronco è compiuto; esso parte da Susa ed arriva a Torino, per una estensione di 53 chilometri. Fu eseguito dall' intrapreditore inglese sig. Brassey, ed è utilizzato dallo Stato in ragione del 50 per o/o di rendita brutta.

Il quarto tronco da Torino a Novara, nella direzione di una ulteriore congiunzione con Milano, venne concesso allo stesso sig. Brassey: la sua esecuzione è spinta con vigore, e si può contare sul prossimo suo termine. — A questa linea si rannoda una strada da Torino ad Alessandria, eseguita e condotta dallo Stato, avvicinandosi alla grande arteria interna zionale da Genova al lago Maggiore.

Il porto di Genova finirà quindi così ad avere un doppio ingresso nella Svizzera, l'uno per la Savoia e Ginevra, e l' altro per il lago Maggiore e il Ticino.

La stessa strada da Torino ad Alessandria serve attualmente alle comunicazioni con Milano, per la via di Novara.

Un' altra comunicazione da Genova colla Lombardia deve stabilirsi per mezzo d' un piccolo tronco da Mortara, stazione della linea di Genova al lago Maggiore sopra Vigevano, nella direzione di Milano; finalmente, una terza venne conceduta sotto forma di diramazione da Alessandria a Stradella per Voghera, nella direzione di Pavia.

Le due gran linee che abbiamo indicate, comportano un certo numero di diramazioni interne, destinate a portare la strada nelle più ricche e fertili provincie, procacciando sfoghi facili ed economici ai loro prodotti. Fra tali ramificazioni ve ne sono già parecchie in piena esecuzione. Citeremo anzi a tutto quella da Torino a Pinerolo, eseguita da una compagnia, a condotta dallo Stato, col ragguaglio del 50 per o/o sulla rendita brutta; viene quindi la diramazione di Cuneo, terminata e condotta fino a Fossano da una compagnia concessionaria. Questa strada, che si accosta, a Tuffarello, alla linea di Torino ad Alessandria, deve subire essa stessa una sotto-ramificazione da Cavallero Maggiore a Bra.

Le altre diramazioni concedute sono quelle da Genova a Velletri quasi terminata, da Novi a Voghera pareggiandosi in questa città col tronco da Alessandria a Stradella; da Alessandria ad Acqui, nella direzione di Savona, nel golfo di Genova e d' Ivrea sopra Biella, nella vallata d' Aosta, aprendosi una terza porta alla Svizzera.

La più parte di queste diramazioni vennero concedute da ultimo; ma, salvo alcune, le altre non sono neppure cominciate.

Riassumendo: ecco lo stato delle linee ferrate in Piemonte:

Strade in esercizio.

Da Torino a Genova	chilometri	166
Da Alessandria a Novara	»	66
Da Torino a Fossano	»	64
Da Torino a Susa	»	53
Da Torino a Pinerolo	»	38
	chil.	387

Strade in costruzione

Da Novara ad Arona	chilometri	36
Da Mortara a Vigevano	»	13
Da San Pietro d'Arona a Voltri.	»	11
Da Cavallero Maggiore a Bra.	»	13
Da Torino a Novara.	»	94
Da Aix a S. Giovanni di Morienna.	»	85
Da Fossano a Cuneo	»	26
	chil.	278

Strade di ferro concesse.

Da Vercelli a Valenza, per Casale.	chilometri	39
Da Alessandria a Stradella.	»	68
Da Alessandria ad Acqui	»	33
Da Novi a Tortona	»	17
	chil.	137
Strada di ferro approvata dal governo, da Santia a Biella.	»	29

Strade di ferro progettate.

Da Salasco a Airusca	chilometri	31
Da Salasco a Savigliano	»	14
Da Chivasso a Ivrea	»	32
Da Savona a Fossano	»	96
	chil.	173

Somma :

Strade di ferro	in esercizio	chilometri	387
"	in costruzione	"	278
"	concedute	"	157
"	approvate dal Parlamento . . .	"	29
"	progettate	"	173
		Totale complessivo "	1,024

Tra le linee progettate non abbiamo citato che le principali. Parecchie altre hanno una importanza maggiore, ma le abbiamo passate sotto silenzio perchè, attesa le difficoltà del terreno, non saranno compiute sì tosto. Questi 1,024 chilometri di ferrovia terminata, o prossima ad esserlo sono la prova dell' attività spiegata in Piemonte. Lo Stato è il solo proprietario delle vie ferrate, e fino ad oggi egli non ha accettato offerte di sorta di compagnie nazionali o straniere.

Strade-ferrate toscane.

Strada Leopolda, da Firenze a Livorno per Pisa.

Nel dì 5 aprile 1841 approvava il governo toscano le condizioni per la concessione ad una società anonima formata dal cav. priore Emmanuele Fenzi, e Pietro Senn negozianti, della costruzione della strada-ferrata Leopolda, fissando a cento anni la durata del privilegio, dopo il qual tempo entrerà il governo nel pieno possesso e godimento della strada.

Il progetto dei lavori fu fatto dall' ingegnere inglese Roberto Stephenson, che delegò per dirigerne la esecuzione gl' ingegneri pure inglesi Guglielmo Hoppner tra Pisa e Livorno, e Guglielmo Bray tra Pisa e Firenze.

La lunghezza da Firenze a Empoli è poco più di miglia 18. Da Empoli a Pontedera di miglia 16. Da Pontedero a Pisa di miglia 12. Da Pisa a Livorno di poco più di miglia 11. E così nella totalità di miglia 57 e mezzo prossimamente.

Si percorre oggi la strada, che fu aperta nella totalità da Firenze a Livorno il dì 10 giugno 1848, sopra due sole guide, eccettuato tra Empoli e Pontedera ove sono già raddoppiate, ma presto saranno esse pure raddoppiate per tutta la estensione. Credesi che la spesa ascenderà, dopo compita l' opera, a poco più di 28 milioni di lire fiorentine.

Cinque sono le grandi stazioni. A Firenze, Empoli, Pontedera, Pisa, Livorno: Nove sono le secondarie. A Brozzi, San Donnino, Signa, Montelupo, S. Pierino, S. Romano, la Rotta, Cascina e Navacchio.

Lungo la via ferrata sono collocati i fili metallici di un telegrafo elettrico di proprietà del governo.

La stazione di Firenze lunga B.ª 260, vale a dire prossimamente quanto il Duomo di detta città, comprende quattro binarii di guide di ferro, fiancheggiati da due larghi marciapiedi: uno per ascendere alle vetture ed ai carri, l' altro per discenderne. Sonovi sale spaziose per i passeggieri, e tutti i comodi necessarii agli impiegati della società e del governo. Credesi che l' edifizio della stazione, eretto col disegno dell' architetto Enrico Presenti di Cortona, costerà, quando sia ultimato, un milione di lire

fiorentine. Una grande officina per il restauro delle macchine è sita sulla sinistra della stazione.

Le locomotive provennero dalle migliori fabbriche inglesi colla patente di perfezionamento dello Stephenson. Il loro peso varia dalle 40 alle 50 mila libbre, non compreso il tender, nè l'acqua della caldaia. Quelle con due sole ruote motrici costarono presso a lire 70 mila: quelle a quattro ruote circa lire 80 mila: le ultime si adoperano per la trazione dei treni più pesanti. Consumano dalle 18 alle 24 libbre di carbon fossile inglese per ogni miglio, che percorrono frattanto colla celerità conguagliata di due minuti e mezzo. Nel tragitto da Firenze a Livorno si impiegano ore tre e mezzo, compresa la fermata alle dodici stazioni intermedie.

La stazione di Firenze è collocata fuori della Porta al Prato ove ha principio il delizioso passeggio delle Cascine, del quale si vedono le ridenti praterie, i bei viali di alberi e le bene architettate fabbriche.

La strada-ferrata corre per breve tratto sulla destra del canale denominato *Macinante*, il quale staccandosi dall'Arno all'estremo della città si conduce sino al Bisenzio, dopo di avere animato per via diversi molini ed opificii. Le belle rive dell'Arno e le amene colline dei dintorni di Firenze si mostrano al viaggiatore. Signoreggia sulla sinistra la villa di Castel-Pulci, così denominata per un possesso della famiglia cui appartenne Luigi Pulci autore del Morgante.

Signa è il castello che s'incontra poco al di là del Bisenzio dirimpetto al primo ponte sull'Arno, tra Firenze e Pisa.

Comparisce poco dopo sulle colline a sinistra la villa delle Selve, sul colle a destra quella d'Artimino.

La via ferrata attraversa l'Ombrone Pistoiese in vicinanza del suo sbocco al principio dello stretto passo denominato la Gonfolina, ove l'Arno scorre incassato in rupi di duro macigno tra i poggi di Artimino e Malmantile, castello che diede il soggetto al giocoso poema del Lippi.

Quindi si passa l'Arno sopra un ponte composto di cinque luci di presso a 50 braccia ognuna, e formato con pile di muramento sulle quali riposano quattro file di architravi di ferro fuso, sorretti per maggior solidità con tiranti di ferro lavorato, a sostegno della impalcatura. Un tale sistema di costruzione, adottato in alcune strade-ferrate d'Inghilterra, è stato recentemente perfezionato dallo Stephenson per renderlo più robusto. Esso presenta il vantaggio di risparmiare molta altezza nelle montate, e serve all'uopo di trapassare il fiume con molta obliquità. Riesce però assai costoso. I ferramenti del ponte sull'Arno che pesano circa 720 mila libbre, costano approssimativamente lire 900 mila; cosicchè la spesa dell'intiero ponte ascenderà presso a poco ad un milione e 300 mila lire.

Trovansi oltre Arno Samminiatello villaggio, e Montelupo castello con rocca, bagnato dalla Pesa; di fronte a Montelupo scorgesi sulla ripa destra del fiume l'altro castello di Capraja.

L'Ambrogiana, villa Granducale, incontrasi poco al di là di Montelupo.

Pontorme rimane alla destra della via ferrata in prossimità del torrente Orme.

Empoli è una terra popolosa che lo storico Guicciardini chiamò il granaio della repubblica fiorentina.

Alla stazione d'Empoli si unisce la strada-ferrata proveniente da Siena per la valle dell'Elsa. La via Leopolda trapassa questo fiume, che percorre una lunga valle in cui è Certaldo patria del Boccaccio. Le acque di quel fiume hanno nei primi tronchi la proprietà d'incrostare i corpi che vi s'immergono.

Sulle colline a sinistra torreggia Samminiato.

Nel percorrere la via ferrata veggonsi sulla destra e oltre Arno, Fucecchio, S. Croce, Castelfranco. Da Fucecchio prendono nome le prossime basse terre altra volta palustri, ora per gran parte bonificate, principalmente col sistema delle colmate.

S. Croce è la patria dell' eruditissimo Lami.

Castelfranco siede al pari dei precedenti paesi nella amena valle dell' Arno. Dietro ad esso si mostrano le ubertose colline di Montefalconi, S. Maria a Monte e Montecalvoli. Appaiono sulla sinistra quelle di S. Romano e di Montupoli; e scorgesi da questa parte la villa signorile dei Capponi, Varramista, ove è sepolto lo storico del reame di Napoli, Pietro Collettà.

La Rotta, il cui nome vuolsi che derivi dalla rottura dell' Arno per farsi strada al bacino pisano, è conosciuta per le sue fornaci di eccellenti mattoni che si conducono per acqua a Livorno, ove si imbarcano anche per lontani paesi.

La terza grande stazione è collocata sulla sinistra del fiume Era, presso alla ricca terra di Pontedera, la quale riman prossima al terzo ponte sull' Arno tra Firenze e Pisa.

Dalle Fornacette, che trovansi poco al di là di Pontedera, si staccava un canale diversivo o sfogatore dell' Arno, aperto collo scopo di convogliare al mare per il fosso, perciò denominato *Arnaccio*, una parte delle acque nelle grandi escrescenze del fiume, onde si facessero men funeste le sue inondazioni alla città e pianura di Pisa: mezzo riconosciuto in fatto più dannoso che utile, perciò disapprovato dal matematico Viviani, e quindi soppresso.

La stazione di Cascina è prossima al

piccolo paese di tal nome; quella successiva di Navacchio sta in mezzo alla ricca pianura sparsa di case e copiosa di abitatori che avvicina Pisa. Oltre Arno, sulla destra, offresi alla vista del passeggiero il Monte-Pisano colle sue cave di sasso, colla antica Certosa al piede, con una delle sue rinomate cime, la Verruca.

La quarta stazione, tra le principali della via Leopolda, rimane fuori della città di Pisa sulla sinistra dell' Arno. La stazione della via ferrata da Pisa a Lucca trovasi sulla destra del fiume all' altro estremo della città medesima, in situazione però che possano un giorno le due strade-ferrate riunirsi.

Da Pisa a Livorno si conduce la via ferrata in una sola retta, attraversando una parte dei terreni acquitrinosi di Coltano, regia tenuta già coperta di selve e di paludi.

Poco al di là della stazione di Pisa appariscono allo sguardo del viaggiatore i maggiori e famosi monumenti di quella città, fra i quali la singolarissima torre, o campanile pendente. Passa poi la via sopra il canale navigabile tra Pisa e Livorno detto dei *Navicelli*, quindi al fosso detto Calambrone, per cui mettono in mare tutte le acque della pianura meridionale pisana.

Al di là del Calabrone, presso al quale vedesi la polveriera per uso dei forti di Livorno, entra la strada nello spazio ora interrito che formava l' antico celebre porto pisano.

La stazione di Livorno è prossima alla porta detta di san Marco, ed alla gran darsena del canale proveniente da Pisa, dalla quale s' introducono le barche nei diversi canali navigabili entro città.

Strada-ferrata Maria-Antonia, da Firenze a Pistoja per Prato.

La concessione per 100 anni del privilegio per la costruzione e godimento di questa strada ad una società anonima, formata da Gaetano Magnolfi, Igino Coppi, Raimondo Meconi, fratelli Hall, Francesco Sloane e Giuseppe Vai, data dall' aprile 1846. La sezione da Firenze a Prato venne aperta al pubblico nel dì 3 febbraio 1848.

Il progetto fu redatto e diretto per la esecuzione dall' ingegnere inglese Beniamino Herschel Babbage come rappresentante l' ingegnere direttore dell' opera I. K. Brunel figlio di Isamberto Brunel ingegnere del Tunnel sotto il Tamigi.

Le guide di ferro che per le altre strade hanno nella loro sezione trasversale la forma di un fungo, e sono ritenute a stretta fra cuscinetti di ferro fuso con biette di legno, hanno nella via ferrata di che parliamo una trasversale configurata presso a poco come un *n*. La guida così vuota nello interno, ha due labbri laterali con spessi fori per esser fissata ai sottostanti travi.

Questi travi, anzi che esser posti a squadra con l' asse della strada, sono posati pel senso longitudinale, e continui. Le guide di ferro vi riposano sopra coi dui labbri e sonovi fissate con chiavarde a vite che passano attraverso ai fori di questi. Sono i travi longitudinali rincalzati all' intorno con ghiaia, e per mantenerli equidistanti, evvi di tratto in tratto fissata una traversa di legname. Il sistema di cui parliamo fu applicato dall' ingegnere Brunel alla Via inglese del Great-Western, che ha la carreggiata più larga delle usuali, e sulla quale si corre con straordinaria velocità.

Le macchine locomotive hanno due rote motrici. Sono di fabbrica inglese e percorrono la strada con celerità di circa 25 miglia all' ora. Da Firenze a Prato si impiegano 25 minuti comprese le fermate alle diverse stazioni. La lunghezza è di circa miglia dieci. Da Prato a Pistoia la progettata linea sommerebbe presso a miglia nove. In tutto sono miglia 19 prossimamente.

Sonovi sino a Prato, oltre le stazioni principali di Firenze e di Prato, altre quattro secondarie stazioni. Al Ponte a Rifredi - a Castello - a Sesto - alla Querce.

La spesa per questa via ferrata, a doppie guide, tra Firenze e Pistoia, fu presagita in otto milioni di lire. Ora non ritiene che una via a guida scempia.

La grande stazione di Firenze, che occupa un'area di presso a diecimila braccia quadrate, trovasi collocata entro città prossima alla piazza di S. Maria Novella.

Trapassa la via ferrata le mura urbane accanto alla *Fortezza di S. Giovanni Battista, o da basso*, edificata nel 1534 per ordine del papa Clemente VII col disegno di Antonio Picconi da s. Gallo, col fine di sempre più assicurare il potere di Alessandro de' Medici primo duca di Firenze e nipote di quel pontefice.

Poco al di là della Fortezza da basso, si trova il torrente Mugnone che si trapassa con ponte sostenuto da architravi di ferro fuso inglese, quindi si lambisce il piede dei colli di Careggi, contrada amena e deliziosa pel dolce clima, copiosa di ville signorili fra le quali primeggia quella magnifica che eressero i Medici col disegno di Michelozzo Michelozzi in forma di gran torre merlata.

Comparisce quindi sulla destra con la sua alta torre in mezzo, la Villa Granducale della Petraia col parco sottostante annesso all' altra Villa Regia di Castello.

Se la Toscana parve poi aver errato iniziando inoltre una strada da Pistoja alla frontiera romana, quando il governo papale pareva alienissimo dalla costruzione di ferrovie, sarà ben altrimenti uggidì, mentre lo Stato romano sembra deciso di congiungersi al sistema delle strade-ferrate dell'Alta-Italia. Abbiamo veduto come il gran duca abbia già attuato le linee da Firenze a Pisa e Livorno, da Firenze a Prato, da Pescia a Lucca, da Pisa a Lucca, fra le quali la prima ha una grande importanza. Aggiungiamo adesso che fra poco aprirassi anche quella da Empoli a Siena. Ma quando procederanno i lavori verso Roma? Ciò, lo ripeteremo, dipende dallo Stato della Chiesa e non dalla Toscana, la quale non possedendo lungo queste linee città importanti, non può pensare a continuarla senza essere d' accordo coi suoi vicini.

Del resto, tale una strada avrebbe meno di difficoltà a superare che a prima giunta non paia. Nella val d' Orcia si dovrebbe abbandonare naturalmente la via postale, vero modello delle strade antiche, per salire le montagne e poi ridiscendere per Radicofani. Fra Radicofani, avendo alla sinistra il lago di Bolsena, la strada percorrebbe le vallate di Paglia e di Fiora, e prenderebbe di questa guisa, senza grandi ostacoli, la direzione di Civitavecchia, che si cerca di congiungere al territorio Fiorentino, ovvero essa passerebbe a Ponte-Censeno ed Orvieto, e penetrerebbe nella vallata del Tevere: lo che è possibile, sebbene con qualche difficoltà. Si potrebbe congiungere Roma a Napoli passando per San Germano, per le campagne e per la vallata di Sacco, indicata dalla natura e dalla direzione della strada da Napoli a Capua.

Gli è ben vero che la parte degli Stati della Chiesa, sopra la quale la costruzione delle strade di ferro offrirebbe minore difficoltà, cioè a dire la Romagna, sarebbe per ora esclusa da questo progetto per la linea di Bologna ad Ancona, ma è ben giusto che la unione delle capitali alle contrade cisalpine abbia la preferenza. La Romagna avrà la sua volta quando Napoli avrà sviluppato il sistema che comprende gli Abruzzi e la Puglia.

Siccome negli Stati della Chiesa le costruzioni sono nulle fino al presente, Napoli del pari si astiene dai lavori,

Vediamo frattanto ciò che sia stato fatto finora in quest' ultimo regno.

Strade-ferrate napoletane.

Il porto di Napoli, capitale di un regno che conta meglio di sei milioni di abitanti, escluse le Sicilie, troverebbe certamente in tanto numero di consumatori una gran sorgente di traffico, dove lo si potesse far centro o bacino delle produzioni indigene e mercato di scambio colle straniere importazioni; ma la sua posizione topografica, che lo colloca ad una delle estremità della penisola, fa sì che altri porti gli aprano una concorrenza dannosa, ed allontanarono quindi il pensiero di costruire una via ferrata che attraversasse il regno stesso in tutta la sua lunghezza.

Sorse tuttavolta l'idea di costruire una strada-ferrata fra Napoli e Capua, la quale prolungata sino a Roma, ed oltre, sarebbe l' alimento di una delle principali arterie dell' italiana penisola.

La strada detta *regia*, ormai costruita, sembra però essere stata immaginata non tanto nell'interesse dell' universale e del commercio, quanto come mezzo di una più facile comunicazione fra Napoli e la Real Villa di Caserta, la quale offre una stanza deliziosissima, e molto gradita al re ad alla regina. E l'opera riuscì invero, al dire degl' intendenti, felicemente dal lato

della solidità; senonchè nel tracciato o di rezione della medesima avrebbesi pototo cansare molti errori, che sono troppo evidenti per non esser notati; quello, fra gli altri, di un vizioso prolungamento.

In fatti, da Napoli a Caserta non vi hanno che 13 miglia da percorrere per la via consolare, e per la strada-ferrata se ne contano 18.

Egualmente, da Napoli a Capua, per la via ordinaria, la distanza non è che di 16 miglia, e per la strada-ferrata 24.

E da ciò ne deriva l' inconveniente che i veicoli di trasporto ordinarii sono per lo più preferiti ai vaggoni, pel maggior comodo e per la mitezza dei prezzo.

Tale strada venne incominciata nel 1840. Nel dicembre 1843 fu aperta al pubblico, con un solo binario da Napoli per le stazioni intermedie di Casalnuovo, Acerra, Cancello e Maddaloni a Caserta, nella lunghezza di miglia 18. Nel giugno 1844 fu aperto un altro tronco di 6 miglia per le stazioni intermedie di S. Maria a Capua. Dalla stazione di Cancello apresi poi un' altra linea per Nola, stanza principale dall' esercito napoletano che ivi tiensi raccolto.

Un'altra strada venne pure costrutta da Napoli a Nocera ed a Castellamare con molti e ben intesi casamenti accessorii pel comodo del servizio specialmente nelle stazioni principali. Da Napoli la detta strada procede sempre lungo la riva del mare e tocca le stazioni seguenti: Portici, che dista quattro miglia e mezzo dalla capitale; Torre del Greco, un miglio e 3/4; Torre dell' Annunziata, 4 miglia. A questo punto la strada dividesi in due tronchi ambo a doppio binario. Il tronco a mezzodì e levante per poco più di quattro miglia raggiunge Castellamare; l'altro che procede diritto a levante e per quasi dieci miglia, raggiunge Nocera detta dei Pagani, e novera le seguenti stazioni: 1.° l' antica Pompei; 2.° Scafati; 3.° Angri; 4.° Pagani, d' onde a Nocera.

Al francese sig. Armando Bayard de la Vingtrie fu con reale decreto al 1836 allogata la costruzione a proprie spese rischio e pericolo di questa strada, verso il premio del suo usufrutto per anni 80; « durante il qual tempo (sotto la tutela e » vigilanza della potestà regia) egli, o la » sua compagnia, o chi altri stesse in » sua vece, farebbe sì che con sicurtà ed » esattezza si potesse percorrerla quo- » tidianamente mediante carri da lui fab- » bricati, mantenuti e tirati da locomo- » tive o da cavalli di sua ragione. Arrivato » poi il qual termine del privilegio, colui » che allora rappresentasse la persona del » Bayard consegnerebbe la strada in buo- » no stato al governo del regno che ter- » rebbela come sua libera possessione » per l' avvenire. »

Tale strada per la lunghezza di miglia 24 o di metri 43,350 fu in fatti eseguita dal sig. Bayard quale rappresentante di una società in accomandita, e vuolsi abbia costato 12,500,000 lire italiane.

La società esige pel trasporto delle persone, ad ogni chilometro:

Pei primi posti centesimi di franco	» 8.4
Pei secondi » »	» 5.8
Pel terzi » »	» 2.6.

Null'altro fino ad ora ci venne fatto di rilevare intorno alle ferrovie del regno di Napoli, tranne le seguenti ultime notizie.

Nel novembre 1852, raccoltasi in adunanza semestrale la prefata società della strada-ferrata da Napoli a Castellamare

fu dalla presidenza proposto a risolversi il seguente quesito:

» Se una società proponesse:

» 1.° Di costruire a sue spese rischio e pericolo la strada-ferrata da Nocera alla Cava, e le due stazioni di S. Clemente e della Cava stessa;

» 2.° Di fornire due locomotive coi loro tender, e dieci vagoni per le mercanzie;

» Sareste d'avviso che i vostri gerenti devenissero con questa società ad un contratto, per cui la stazione appaltante s'incaricasse dell'amministrazione, della manutenzione e dell'esercizio della strada medesima, o gratuitamente pel corso di 14 anni, o verso di un canone annuo di 15 a 25 mila franchi? »

Tale proposizione, accolta con favore, venne adottata ad unanimità.

AVVERTENZE PER LA COSTRUZIONE ED ULTIMAZIONE DELLE STRADE-FERRATE.

Della scelta d'una linea.

Trattandosi di dover aprire una gran ferrovia, bisogna ben guardarsi dal cedere all'entusiasmo, e dal lasciarsi trascinare da speranze chimeriche. Tale un tema deve esser l'oggetto di un esame maturo, di un calcolo freddo e positivo. Determinato lo scopo, si deve esser sicuri di poter raggiungerlo. La soluzione del quesito resta subordinata alla combinazione di una serie di probabilità da non potersi opporre che assai cautamente alle condizioni note e certe di altri mezzi di comunicazione.

La scelta d'una linea domanda un doppio studio, e deve esser considerata sotto due punti di vista ben distinti: il primo dell'*interesse privato*, vale a dire sotto il rapporto dei risultamenti economici dell'intrapresa paragonati ai capitali ch'essa dovrà assorbire; il secondo dell'*interesse pubblico*, vale a dire sotto il rispetto dei vantaggi morali e materiali che possono ridondarne alla nazione.

Se l'idea parte da un particolare o da una società, nello scopo di procurare ai loro capitali un collocamento vantaggioso, non è a pensare che, molto occupandosi del calcoli del guadagno o della perdita, si voglia darsi gran pena delle conseguenze morali o politiche che ne derivano. — Può avvenire tuttavia, che alcuni capitalisti si accingano ad un'impresa da cui non si possa ragionevolmente e matematicamente attendere alcun benefizio; ma ciò significa che le perdite cui si espongono saranno largamente compensate da altri avvantaggi indiretti. Colui, a modo d'esempio, che possiede delle miniere, o dei vasti poderi, coll'apertura di una strada-ferrata aumentando il valore delle sue possessioni, si deciderà facilmente ad intraprenderla, nella speranza di ricattarsi sopra l'aumento delle sue rendite di quanto fosse per perdere nella speculazione. Del resto, queste specie di imprese non sono ragionevolmente possibili che sopra una piccola scala; sebbene ricevano talvolta, grazie alle riprovevoli mene dell'aggiotaggio, una portata molto più estesa.

Dopo avere eccitato l'entusiasmo del pubblico presentandogli dei falsi calcoli, ed illudendolo con un credito fattizio, si suole approfittarne per attirare nell'intrapresa i capitali dei privati. Scaturito il danaro, la rovina dei conduttori è consumata, ma lo scopo degli speculatori è raggiunto. Altra volta, queste mene immorali furono adoperate con intenzioni più odiose ancora, e le rendite con premio delle azioni, portate ad un valore tutto affetto illusorio, offrì un mezzo di realizzare ancora più prontamente enormi e fraudolenti benefizii. — Ad ovviare a siffatti inconvenienti, sarebbe della più grande

necessità che la legislazione pervenisse ad indorre una solida alleanza fra i diritti del pubblico e quelli dei particolari, ad a coprire gli uni e gli altri con una valida guarentigia. Ma non è solo il pericolo sopraenunciato quello che si presenta nel isolare queste intraprese dall'azione del governo. Vi sono alcuni casi in cui fra la somma degli avvantaggi ch' esse possono arrecare, la frazione che deve profittare al pubblico solamente, è eguale od anche superiore ai benefizii diretti che possono sperare le compagnie. In allora se le compagnie non sono sostenute dal governo, o dai proprietarii che hanno un interesse tutto speciale all' esecuzione dei lavori, quelle saranno forzate a rinunciare al loro progetto (ed il pubblico ci perderà molto), o ad entrare in un sistema di economia, che le esporrà a mancare in tutto od in parte allo scopo propostosi. In una parola, la questione finanziaria di una impresa non può riguardarsi come risulte, se non allora che sia stabilita la possibilità di eseguirla entro ai limiti di una spesa proporzionale al prodotto, ed indipendentemente da tutto ciò che può ridondare a benefizio d' interessi stranieri.

Le decisioni da prendersi per l' apertura delle linee principali domandano sopra tutto una severa discussione ed un serio esame. Egli è allora quasi impossibile che il governo non v' intervenga, se non d' una maniera diretta, almeno colla sua influenza.

Osservazioni generali sul tracciato.

Una volta stabilita la linea, e designato il territorio da percorrersi, i punti da toccarsi per superar le pendenze, i tragitti da un versante all' altro, e le città da servire, si può, dietro una ispezione preliminare, apprezzarne con molta approssimazione e le difficoltà, e il dispendio. Deesi tuttavolta, in tali estimazioni sommarie, diffidare della tendenza dell' occhio a raddrizzare le curve a ad allivellare i terreni. Una pendenza di tre a cinque millimetri per metro (proporzione adottata ordinariamente per le strade-ferrate di una grande estensione) è assolutamente indiscernibile dallo sguardo. Di maniera che nella visita e ricognizione dei luoghi, deesi sempre aver la cura di munirsi d' indicazioni che servir possano di norma: tali come la misura delle altezze sopra il livello del mare, il corso delle acque più prossime, il rapporto delle più vicine pendenze, ecc., riferendosi ad una carte planimetrica nella più grande scala possibile.

Gli è d' uopo inoltre di una grande abitudine per determinare a colpo d' occhio ed approssimativamente, senza il soccorso degli strumenti, il raggio di una curva che possa soddisfare alla condizione d' intercalarsi ad un certo numero di punti dati, evitando gli uni, accostandosi più o meno agli altri, secondo avvenga di incontrare una città, un ponte, una montagna, ec. Ciò non di meno questo esame preliminare e generale è sempre necessario, quand' anche ciò non fosse che per indicare agl' ingegneri esordienti con qual ordine si proceda negli studii, dietro ai quali adottasi un tracciato.

Questo primo lavoro metta in grado l' ingegnere di principiare le operazioni definitive. Egli occupasi allora nel fare una livellazione con tutta quell' esattezza che è possibile ottenersi coi più perfetti strumenti della geodesia; e gli torna poi necessario di avere fin da principio una serie di punti fissi invariabilmente, e sopra i quali poter far conto, e che questi sieno abbastanza prossimi gli uni agli altri per non incorrere in gravi errori, e per poter, mercè a quelli, determinare altri punti intermedii. L' operazione di un primo livellamento complessivo lunga e

difficile, è estremamente importante. Essa deve servire di base a tutte le livellazioni parziali durante il corso dei lavori; ed è facile comprendere che, forzati ad aprire parecchi cantieri ad un tempo ed a cominciare il collocamento dei raili simultaneamente sopra un gran numero di punti, si potrebbe trovarsi esposti, per il più piccolo errore di livellazione, a gravissimi sbagli.

Le regole dietro alle quali si stabilisce il tracciato di una strada di ferro non sono nè possono essere assolute; imperciocchè altro è quello che abbisogna per un esercizio speciale, o pel servizio di una piccola località, altro quello che occorre per trasportare con una grande velocità una quantità stragrande di viaggiatori e di mercanzie. In quest'ultimo caso, allorchè trattasi di una linea di primo ordine, tutte le ragioni più gravi concorrono per far sì che lo Stato debba esigere ch' essa sia costrutta con tutta quella perfezione che comportano gli spedienti dell'arte. La probabilità che il movimento che deve secondare una strada di ferro non possa che aumentarsi, indipendentemente anche dall' influenza che la sua costruzione dovrà necessariamente esercitare in questo senso; la facilità di mantenere una tariffa assai alta senza timore di nuocere all' interesse commerciale delle mercanzie; l'obbligo di prendere tutte le precauzioni possibili per la sicurezza dei viaggiatori; la necessità di confezionarla in maniera che si possa approfittare di essa anche dopo i possibili perfezionamenti da introdursi nel sistema dei motori, ed altre considerazioni non meno importanti, raccomandano tale perfezione alla sollecitudine dei governi. I quali non consulteranno che l' interesse della massa intiera degl' individui, e sagrificheranno tutte le somme necessarie per ottenere la migliore esecuzione ed il miglior servizio possibile, adottando quel sistema che giudicheranno influire più felicemente allo sviluppo della pubblica prosperità. Lo scopo sarà raggiunto tutte le volte che il *deficit* per questo effetto, ritenuto a carico del tesoro, sarà compensato da un aumento della ricchezza nazionale. Si dovrà sopra ogni altra cosa impedire che per corrispondere ai voti delle località non s' introducano nel tracciato modificazioni tali da allungare soverchiamente la linea in modo da alterarne la regolarità, od abbracciare il raggio delle curve, od affrontare pendenze troppo difficili. Non si considera abbastanza, in generale, come sia poco ragionevole di complicare il movimento delle masse per semplificare quello dei singoli individui.

Il tracciato generale della linea di una strada-ferrata si compone di una serie indeterminata di rette e di curve. La linea retta deve sempre adottarsi di preferenza; ma quando non si possano evitare le curve, non si deve aver paura di far qualche sagrificio per aggrandirne il raggio. Il traimento torna molto più facile, gli accidenti sono meno frequenti, ed è assai raro che questi vantaggi riuniti non compensino ad usura la differenza delle spese nella costruzione. Le lunghe gallerie che si è ordinariamente forzati di praticare per raggiungere i limiti che separano i versanti, offrono un mezzo di evitare le pendenze e le curve, e di tracciare le più belle parti della linea in luoghi dove si trovano le maggiori difficoltà; non si deve esitare nell' eseguirle tutte le volte che se ne presenti l' occasione.

Abbiamo detto, che allorquando si costruisce una strada di ferro, che ha uno scopo d' utilità generale, niente deve risparmiarsi per darle tutta la perfezione possibile; ma non è la stessa cosa quando questa strada non deve servire che una località di breve estensione, o quando

essa debba supplire ai bisogni dell' industria privata. In questo caso, l' ingegnere deve fare dell' economia un suo dovere rigoroso; egli deve comprendere che la perfezione del tracciato ed il lusso dei lavori non possono avere altro effetto che di rovinare i capitalisti, o di far loro perdere tutti i benefizii che possono attendersi dall' attuazione della loro impresa. Tuttavolta parecchie strade, eseguite con questo savio intendimento, hanno provocato delle ingiuste critiche sopra quelli che le hanno dirette. E ciò avviene perchè il pubblico si mette assai poche volte in grado di poter decidere verso quali condizioni i capitali impiegati possano dare una rendita sufficiente, e perch'esso trova molto più semplice di preferire la perfezione assoluta, che è sempre la più facile ad apprezzare, alla perfezione relativa, che domanda l'esame particolareggiato d' una folla di considerazioni, nelle quali non è sempre dato di entrare.

Supposto, a modo d' esempio, che la direzione d' un tracciato conduca la linea contro un ostacolo, v. g. una montagna, e che sia egualmente possibile o di praticare una perforazione per ottenere una linea retta, o di descrivere intorno della montagna stessa una curva, il cui raggio sia superiore al *minimum* stabilito, ma che allunghi la linea di una quantità eguale alla lunghezza intiera del perforamento, egli è evidente che il perforamento sarà da preferirsi, e per la bellezza del tracciato, e per l' interesse del pubblico; poichè si otterrà sul trasporto dei viaggiatori e delle mercanzie un' economia di tempo e di spesa proporzionale alla differenza della lunghezza fra le due direzioni. Sia in fatti, l' estesa del perforamento eguale a 1000 metri; sia il movimento ridotto eguale a 500,000 tonnellate, con un pedaggio di 10 centesimi per ogni tonnellata ed ogni chilometro; l' economia che il pubblico e lo Stato faranno ogni anno, arriverà a 50,000 franchi; imperciocchè la lunghezza della curva sarebbe stata doppia. Ma se il perforamento avesse costato un milione, la compagnia vedrà tutta la rendita di questa parte della sua linea assorbita dall' interesse del danaro ch' essa avrà sborsato, e si troverà in perdita di tutte le spese di traimento o di manuteuzione corrispondenti. Se, in luogo di ciò, il tracciato sviluppato sopra una curva di 2,000 metri non dovesse costare che 600,000 franchi, egli è chiaro che vi avrebbe ogni anno nel benefizio della compagnia un eccesso composto di 20,000 franchi, differenza nell' interesse della somma dispendiata, e di 50,000 franchi soprapprezzo dell' esazione sopra un percorrimento di 1000 metri: in tutto 70,000 franchi. La compagnia non avrebbe dunque ad esitare nell' adottare, nel suo interesse, il tracciato meno perfetto.

Quando una strada di ferro deve attraversare un paese accidentato, gli è ordinariamente dietro la pendenza delle acque che si prende la norma per stabilire il tracciato delle diverse parti, il cui insieme costituisce la direzione generale della linea.

Questa regola tuttavolta non è senza eccezione, e il versante più basso non è sempre quello che si deve preferire. In fatti, quando le vallate, dove scolano le riviere, hanno una certa profondità, vi s' incontrano frequentemente dei punti dove le sponde, quasi a picco e molto d'accosto le une alle altre, formano delle specie di gorghi, dove non si potrebbe condurre una linea senza gravi difficoltà. Non si dovrà dunque limitarsi a seguire il corso di una riviera, senza avere precedentemente messo a calcolo tutte le

difficoltà più o meno grandi, e senza averne apprezzato tutte le conseguenze.

La scelta dei passaggi deve sopra tutto essere per l'ingegnere l'oggetto di uno studio affatto particolare. Egli deve, per quanto può, non istabilire i suoi calcoli che sotto la riserva di perfezionamenti futuri.

Del tracciato generale d' una linea di strada-ferrata, fra due punti determinati.

Il punto di partenza ed il punto d'arrivo di una linea una volta determinati, la sua direzione generale verrà imposta dalla condizione dei più piccoli movimenti di terra possibili, come abbiamo già detto precedentemente per le *strade ordinarie*, al cui capitolo rimandiamo il lettore, per non ripeterci.

Stabilito questo principio, l'esecuzione di tutte le singole parti deve esservi rigorosamente subordinata. La necessità delle curve di un gran raggio e di una data pendenza designa imperiosamente i luoghi per cui si dovrà passare. Qualunque esse sieno le difficoltà che s' incontrano, bisogna vincerle; la più leggera deviazione potrebbe bastare per dover introdurre nella direzione generale della strada dei mutamenti considerevoli, per allungare le gallerie ed aumentare gl' interrimenti e gli sterramenti in una progressione spaventevole.

Avviene ciò non di meno, che, durante l' esecuzione stessa dei lavori, si presentino alcuni accidenti impreveduti nella natura dei terreni, dal che ne risulta una impossibilità materiale di conformarsi al piano adottato prima. Si può in questo caso esser forzati di far deviare o di trasportare da un punto ad un altro una parte più o meno grande della linea. Una tale circostanza è sempre fonesta alla buona condotta del tracciato, e non vi è altro spediente che di scostarsi nei motamenti, il meno che sia possibile della linea predesignata. Non vi sono regole in proposito; la circostanza fa la legge.

Quando si è pressati dal tempo (considerando agli studii di dettaglio cui si è obbligati nella redazione d' un progetto regolare), diviene indispensabile di suddividere il lavoro. È bene allora di affidare certe operazioni parziali agl' impiegati che dovranno far eseguire i lavori, cadauno nella località dove sarà per esercitare la sua sorveglianza. Questa occupazione preliminare li metterà così in grado di familiarizzarsi colla singola natura dei terreni e colle difficoltà che devono combattere; essi entreranno per tal modo anche in relazione coi proprietarii dei fondi cui sarà d' uopo chiedere la cessione di alcuni tratti di terreno per il passaggio delle linee; e questi sono vantaggi non tanto lievi, ed un buon pratico non neglige mai di procacciarseli, quando gli sia possibile.

Ogni tracciato regolare dev'essere dunque preceduto, come abbiamo detto, da un tracciato provvisorio che ha per iscopo di riconoscere in qual modo la pendenza debba essere ripartita su tutta l' estensione della linea. L' ingegnere ne approfitta anche per fissare le direzioni generali, e per determinare approssimativamente la lunghezza delle rette e delle curve che devono comporre la linea intera. A tale uopo egli può efficacemente giovarsi delle mappe cadastrali dei singoli Comuni per segnarvi provvisoriamente una serie di punti, dietro a cui stabilire poscia i profili di longo e di traverso. In seguito, egli procede cogli stessi metodi, e conforme a quanto abbiamo minutamente specificato per le strade ordinarie. Non ci occuperemo inapertanto adesso che di quelle sole parti del tracciato

cha si scostano più o meno dai rilievi ordinarj.

Il tracciato primitivo di una strada-ferrata è sempre ed unicamente composto di linee rette accoppiate le une alle altre, e formanti tra loro degli angoli più o meno aperti, quali, con una operazione posteriore, si riuniscono poscia per via di curve tangenti. Tali curve devono sempre essere sviluppate sopra il più gran raggio possibile. È questo un principio che la pratica conferma ogni giorno. Invano si è tentato di modificare le macchine e i vaggoni per renderli proprii a scorrere sopra curve di un piccolo raggio; non si è tardato a riconoscere che questi mezzi, applicabili tutto al più ad alcuni casi particolari, non possono in alcuna maniera essere adoperati nella costruzione di una strada di ferro destinata ad un grande movimento. Quando però gli angoli formati dalle linee rette non siono abbastanza aperti, avviene che per mantenere la lunghezza del raggio si è forzati di dare alle curva un tale sviluppo che la loro estremità viene a coincidere colla origine della curva che segue, tangente alla medesima retta. Questa retta sparisce allora interamente, e la strada-ferrata componesi di una serie di curve ineguali nelle loro lunghezze come nel loro raggio, e addossate le une alle altre. Quando si presenta questo caso, lo che arriva frequentemente in luoghi difficili, si deve studiare di conguagliare per quanto sia possibile la incurvatura dell' insieme della rete; imperciocchè si verserebbe in errore dove si pensasse che facendo seguire una curva rigida da una curva più dolce vi fosse compensazione. I pericoli che presenterà la prima, gli accidenti che potranno esserne la conseguenza, la spezzatura delle ruote, dei raili, dei carri, la deviazione del convoglio trasportato dalla forza centrifuga, tutti questi avvenimenti, che si devono tanto più paventare quanto le corse è più rapida, non saranno menomamente compensati da una curva successiva più sviluppata.

Quando l' angolo che formano due linee rette è noto, e che si è determinato sopra cadauna il punto di partenza della curva che deve unirle, non si tratta più che di tracciare la curva che meglio soddisfi a questa condizione. Ora non è a dobitarsi che l' arco di circolo può solo raggiungere questo scopo.

In fatti, supponiamo una serie di linee rette A B C D E F (Tav. XLVI, figura 1) che determini la direzione di una strada di ferro; supponiamo eziandio che la rete di queste linee sia stata calcolata di modo che quelle che formano il più piccolo angolo B A, B C siano dirette in maniera che si possa far passare per i punti T ed U un arco di cerchio che sia loro tangente, ed il cui raggio non sia inferiore al limite fissato nella concessione della strada.

Egli è evidente che si può far passare per i punti T U qualunque specie di curva che goda della proprietà di esser tangente alle line B A - B C verso i punti U e T.

Supponiamo anzi a tutto che s' innalzino ai punti T, U le perpendicolari U C, T C; la loro riunione in C determinerà il centro dell' arco di circolo U T, che soddisfa alla condizione voluta.

Se in luogo di adoperare l' arco di circolo si volesse sostituirvi la parabola per passare da una curva di gran raggio ad un' altra di raggio più piccolo, vi sarebbero necessariamente alcune parti di quest' ultima linea in cui la incurvatura sarebbe minore di quella dell' arco di circolo cui da si sostituirebbe. — Ne risulterebbe quindi verso questi punti un aumento di resistenza.

Per rischiarar meglio l' argomento, supponiamo che si tratti di passare da una curva D M, avente 3,000 metri di raggio, ad un'altra M A N; e che la lunghezza della ordinata P M di quest'ultima curva, come quella delle tangenti T M, T N, nonchè l' angolo ch' esse formano tra loro, non permettano l' uso di una curva avente più di 1000 metri di raggio; e sia:

$$M\,B = a = 1000$$
$$P\,M = y = 750$$
$$A\,P = x$$
$$A\,D = \text{Y}.$$

Il triangolo M P B ci darà il mezzo di determinare P B, ovvero

$$P\,B = \sqrt{M\,B^2 - M\,P^2} = \sqrt{1000^2 - 750^2} = 661.$$

Noi avremo in seguito P T considerando i triangoli simili P M B, M P T, lo che da:

$$P\,T = \frac{P\,M^2}{P\,B} = \frac{(750)^2}{661} = 851$$

e siccome l' ordinata nella parabola è eguale alla metà della sotto-tangente, avremo:

$$A\,P, \text{ ovvero } x = \frac{851}{2} = 425{,}50.$$

Determineremo il parametro mettendo nell'equazione della parabola $y^2 = P\,x$ i valori di x e di y, lo che darà:

$$P = \frac{(750)^2}{425{,}50} = 1323,$$

e per il raggio dell' incurvatura al punto A

$$\frac{1323}{2} = 651,$$

quantità più piccola di M B, come lo indica il meccanismo del calcolo; imperciocchè d' altronde il valore dell' ordinata P′ M′, che determina il punto della curva, dove il raggio della incurvatura M′ B′ è eguale al raggio B M, è espresso da:

$$\text{Y} = \frac{(P^2 + 4\,P\,x)^{\frac{3}{2}}}{2\,P^2}$$

che quando $Y = 1000$ e $P = 1525$ ci dà $x = 130$, valore inferiore a quello di P M; lo che fa vedere di una maniera generale, che il raggio della incurvatura segue le variazioni di grandezza della ordinata. Incorrerebbesi dunque in tutti gl' inconvenienti inerenti all' impiego delle curve del raggio che fosse determinato al punto A; adottando la parabola, e non si raggiungerebbe in cambio che il piccolo vantaggio (se tale lo si può dire) di passare per differenze insensibili dalla curva D M alla curva M A.

Ne segue da ciò che l' arco di cerchio è la sola curva che meglio convenga nel tracciato delle strade-ferrate, e forse la sola che sia possibile in pratica. In fatti, oltre alle difficoltà che presenta il tracciato di qualunque altra, sarebbe impossibile che gli operai incaricati di riparare e di rimuovere i raili, potessero mantenerne tutti i punti al posto assegnato loro dal valore delle ordinate dell' equazione, dietro alla quale sarebbero stati collocati in origine. Ma quando la curva è formata da un arco di cerchio, basta che il cantoniere abbia un poco di abitudine per iscoprirne le più piccole inflessioni e per rettificarle, senza il soccorso di alcuno strumento, nè di alcuna operazione grafica.

Gl'ingegneri inglesi che annettono meno d' importanza alla teoria, usano per lo più di metodi grafici o empirici, da cui si scostano raramente.

Il processo ch' eglino adoperano per istabilire le curve sul terreno, consiste semplicemente nel tracciare una serie di linee rette A B, C D, E F tutte eguali, ed aventi generalmente 22 piedi inglesi di lunghezza. Cadauna ha la sua origine in A, C, E alla metà di quella che la precede, e si allontana alla sua estremità B, D da quella che la segue di una quantità B E, D G, che determina un seguito di punti C, E, G, per dove deve passare la linea curva.

Questo metodo è talmente usitato in Inghilterra che i costruttori delle strade-ferrate e gl' ingegneri si contentano di segnare le curve indicando questa deviazione, che è di 2 a 4 pollici nelle circostanze ordinarie.

E questo metodo è, come lo si vede, di una grande semplicità, ma non di una grande perfezione. Il minimo errore obbliga a riprendere l' operazione dalla sua origine, e non si arriva ad un risultamento esatto fuorchè per via di sperimenti pratici più o meno lunghi.

Il mezzo più sicuro consiste nel costruire la curva sulla tangente, sulla corda, o sul suo prolungamento, adoperando le formole trigonometriche per indicare le ordinate relative alla scelta che si è fatta di uno di questi mezzi.

Quando il terreno è accidentato, coperto di boscaglie, tagliato da fiumi, od occupato da fabbricati, tali operazioni possono tornare molto difficili.

Determinati gli allineamenti, il vertice degli angoli, ed un certo numero di punti in direzione delle rette, scegliesi la posizione della linea trigonometrica la più facile da stabilire. Vi si rapportano le ordinate della curva; si procede in seguito ai lavori sul terreno, adoperando, se ciò è possibile, due processi differenti per meglio assicurarsi dell' esattezza dell' operazione. È bene di avere per le curve, che si usano più frequentemente, delle tavole calcolate precedentemente e indicanti il valore delle ordinate riferite alla tangente. Queste tavole sono sopra tutto necessarie per le curve descritte dietro il più piccolo raggio, stabilito come norma. Le ordinate che si riferiscono alla corda si deducono in seguito facilmente da quelle della tangente, diminuendo i valori che esprimono queste

ultime di una quantità costante indicante la distanza della corda alla tangente.

Si suole valersi a questo effetto dell' equazione del circolo:

$$y^2 = ax - x^2,$$

nella quale a indica il diametro, x la ordinata, a partire dall' origine della curva, ed y l' ascissa.

Per calcolare i valori X Y, che rispondono ai punti X, X (Tav. XLVI, *Arti del calcolo*, fig. 2), presi a distanze eguali sopra le tangenti A X, ovvero i valori Y Z, che si riferiscono alla corda C Z, si metteranno successivamente nella equazione sopraindicata nel posto di a e di x i valori relativi al caso particolare considerato, lo che servirà a determinare y.

Conosciuto y, si sottrarrà il suo valore dal raggio, lo che darà X Y, vale a dire l' ordinata della curva riferita alla tangente.

Si deduce da questo valore quello dell'ordinata riferita alla corda C Z, sottraendo X Y da A C, che esprime la distanza della corda C Z alla tangente A X.

Il valore di Y D e quello di X Y essendo conosciuto, si deduce con facilità quello di tutte le linee che le circostanze possono indurre a dover usare.

Supponiamo, p. es., che le difficoltà del terreno non si prestino a prolungare la tangente A X fino in T, ma che si possano facilmente riportare sul terreno le linee A D, X Y e Y U; si sottrarranno E V + T U da T E, lo che darà il valore di U V.

Si può finalmente aver bisogno, per qualche verificazione, di conoscere così la lunghezza di T Y, come quella di Y Z, lo che si otterrà facilmente quando si conosceranno Y D ed A D, ovvero A C.

Delle pendenze.

Non è sempre possibile di conservare sopra tutta l' estensione, e neppure sopra la più gran parte di una strada-ferrata, la regolarità della pendenza. O le difficoltà fisiche vi si oppongono, ovvero uno spirito di economia bene inteso impone all' ingegnere la legge di adottare un profilo meno perfetto, ma che giovi meglio allo scopo ch' ei deve raggiungere.

Devesi tuttavia mettere una grande circospezione per non adottare inconsideratamente disposizioni che fossero di tal natura da condurre ad un grande aumento di spesa pel servizio dei trasporti. Il risparmio fatto a spese del sistema della pendenza, potrebbe aver più tardi per risultamento la rovina dell' intrapresa.

Quando una linea di strada-ferrata dev' esser diretta parallelamente ad un fiume, la pendenza d' ordinario assai dolce del corso delle acque è di un gran soccorso per la ripartizione della pendenza della strada, sopra tutto dove si possa condurre la linea nelle vallate dove scola il fiume. Non bisogna frattanto dimenticare di tener conto di certi inconvenienti inerenti ad una tale posizione. I fiumi sono spesso soggetti a subire nel volume delle loro acque notabili variazioni. La più parte di essi copre e abbandona successivamente, e più volte all'anno, le vallate dove internasi il loro letto, ed in cadauna escrescenza depositano sulle rive materie terrose di trasporto.

Durante i primi anni, quest' interrimenti s' innalzano con una grande prontezza; ma la frequenza della loro sommersione non potendo essere che in ragione inversa della loro altezza, quando

essi abbiano attinto il livello dell' altezza media degli allagamenti ordinarii, la progressione della loro elevazione diviene estremamente lenta. Sulle sponde del Rodano, p. es., nei siti dove può espandersi una gran massa d' acqua e dove la corrente non è abbastanza rapida per impedire alla belletta di depositarsi, si calcola che durante i primi anni il suolo s' innalzi met. 0,20 all' anno. A capo di 30 anni, gl'isolotti e le rive si sono innalzate di due metri, in via media, e la loro altezza al di sopra dei fossati è di circa 3 metri; allora non vanno più soggetti ad allagazioni che una o due volte all' anno, ed è allora appunto che si può approfittarne per istabilirvi il fondo di una strada-ferrata.

Questi terreni non hanno in generale un grande valore, perchè non si può fabbricarvi sopra, nè assoggettarli ad una regolare cultura agricola, e si può acquistarli ad un prezzo tanto più basso, in quanto i margini costrutti sulle sponde del fiume preservano dalle inondazioni tutta la parte della vallata cha si estende al di là, e permette così di poter cavarne un miglior partito.

Se non che, qualora si voglia limitarsi a seguire le rive di un fiume ed arrestarsi ad un'altezza costantemente eguale al livello delle sue acque, bisogna rinunciare all' idea di ottenere una pendenza regolare; imperciocchè la pendenza non è giammai ripartita egualmente sul corso intiero del fiume, e quand' anche lo fosse, siccome la linea non può seguirne tutti i rigiramenti, ma bisogna ch' essa vi si allontani o vi si accosti secondo è voluto dalle esigenze del tracciato, così la sua lunghezza sviluppata non è più eguale a quella del fiume, e il rapporto della pendenza non può esser lo stesso.

Esistono tra le diverse parti di uno stesso fiume grandi differenze rispetto alla sua altezza nello stato di traripamento; il grado di rapidità delle sue acque, la forma del suo letto, la natura dei terreni sopra i quali si espande, gli ostacoli che possono incontrare le acque lungo la vallata, ec., sono altrettante cause che possono ritardarne o favorirne lo scolo. Qualora adunque si abbia fissato l' altezza dei punti di partenza e d' arrivo di una strada, non è altrimenti ai fossati che bisogna riferirsi per determinare l' altezza dei punti intermediarii, ma bisogna cercare, a distanze quanto più brevi sia possibile, le linee delle più grandi escrescenze, e legare questi punti fra loro con pendenze regolari, mediante operazioni parziali.

Tali precauzioni non mettono ancora al coperto da ogn' invasione delle acque. L' altezza delle piene può andar soggetta posteriormente a variazioni locali, in seguito di circostanze la cui influenza diverrà permanente. Ciò è quanto arriverà qualora si costruisca un nuovo argine così accanto di una strada di ferro, come sulla riva opposta, qualora si formino dighe a martello, o si facciano piantagioni considerevoli sopra terreni ove le acque trovavano per l' avanti un libero sfogo. Questi sono altrettanti casi di cui bisogna calcolare la probabilità, e non si deve mai indietreggiare dinanzi ai sagrifizii consigliati dalla prudenza, onde prevenire gl' inconvenienti ai quali si può temere di trovarsi esposti.

La considerazione generale della direzione e della pendenza del corso delle acque fu sovente l' oggetto delle meditazioni dei fisici e degl' idrografi. Il signor Brisson, direttore della scuola dei ponti e strade, è entrato a questo proposito nei più minuti particolari che attestano la profondità colla quale egli ha studiato

tali questioni (1). Si è anche cercato di determinare analiticamente l' equazione della curva che rappresenta, in via media, la sezione del corso dei fiumi in generale; ma egli è evidente che troppi accidenti particolari entrano a complicare il problema, perchè la sua soluzione possa mai essere di molta utilità.

Riassumendo: siccome è raro che sopra una lunga linea si possa conservare la stessa pendenza, devesi, per quanto sia possibile, fare la scelta di direzioni che permettano di tracciare pendenze eguali fra i punti stabiliti.

L' altezza verticale di questi punti e la loro rispettiva distanza determinano il limite dell' inclinazione della pendenza che deve congiungerli. Fra i due estremi di questo limite si possono stabilire tre divisioni, di cui perleremo successivamente.

Dei piani inclinati.

L' uso dei piani inclinati è sempre soggetto a numerosi inconvenienti, e non si deve ricorrere a questo spediente se non allora che non si possa fare altrimenti. La più piccola negligenza nelle minuziose precauzioni ch'esso domanda, può cagionare gravissimi accidenti.

Quando non si può evitare l'uso di un piano inclinato, bisogna adottarlo quanto più corto sia possibile. Si prolunga fino a che si può la rampa che deve essere frequentata dalle locomotive o dai cavalli, e si dà al piano un' inclinazione tale che la gravità possa vincere facilmente la resistenza delle corde e delle puleggie che congiungono, nella discesa, i convogli alle macchine fisse, e che servono in seguito a farle rimontare.

(1) Brisson, *Essai sur le système de navigation intérieure de la France*; Paris 1829.

È bene ancora, quando non vi si è forzati, di non far descrivere alcuna curva al piano inclinato, affinchè l'occhio possa abbracciarne ad un tempo tutta la estensione; affinchè da una stazione all'altra si scopra il più piccolo ostacolo che potesse contrariare il movimento, e che i segnali possano esser dati e ricevuti con facilità. D' altronde, quando la strada segue una curva, egli è inevitabile di dare una inclinazione anche alle puleggie che sostengono le gomone; lo sfregamento si aumenta, e le gomone stesse più difficilmente sono contenute dalla puleggia; di maniera che per la minima causa possono slanciarsi nell' interno della curva, spezzare, fracassare od abbattere tutto ciò che si trovasse nel loro passaggio, ed occasionare nella marcia del convoglio un' accelerazione di velocità da cui risulterebbero senz' alcun dubbio incalcolabili accidenti.

L' inclinazione che si deve dare alle puleggie delle curve è relativa al peso ed alla tensione delle corde ch' esse sostengono.

Il peso della corda tende ad esercitare uno sfregamento verticale sulla puleggia. Se la tensione fosse nulla, non sarebbe necessario di dare alcuna inclinazione alla puleggia stessa, qualunque si fosse d'altronde l' incurvatura della linea; ma per contrario si capisce che se la tensione fosse infinita, avuto riguardo al peso della corda, avrebbe luogo il contrario, e le puleggie dovrebbero essere esattamente collocate nel piano delle curve.

La determinazione della inclinazione delle puleggie si dedurrà dunque dalle circostanze particolari ad ogni caso.

Supponiamo che si tratti di fare il servizio di un piano inclinato di 1,000 metri di lunghezza, avente una pendenza

di 1/50 ovvero di $0^m,02$ per metro, e sopra il quale si debbano rimorchiare 8 vaggoni carichi, del peso complessivo di 30 tonnellate.

È noto al giorno d'oggi, che le gomone, perchè possano durare un anno facendo questo servizio, bisognerebbe che avessero il diametro di 4 centimetri; esse peserebbero allora circa chilog. 1,50 per metro corrente.

Dietro reiterate esperienze risulta, che la resistenza media dovuta allo sfregamento delle gomone, quando esse sieno sostenute da puleggie di getto di met. 0,30 di diametro, e giranti sopra assi di metri 0,05, è eguale al dodicesimo circa del loro peso.

La tensione della corda, quando il convoglio abbia acquistato una velocità costante, si comporrà dunque:

1.° Della resistenza dovuta all'attrito del convoglio, lo che (supponendolo di 0,005) darà 30,000 chilog.ⁱ $\times$ 0,05 ovvero	chilog.ⁱ	150
2.° Della resistenza dovuta alle gravità decomposta secondo la pendenza 30,000 + 0,02	"	600
3.° Dello sfregamento delle corda 1,000 chilogrammi $\times$ 1,50 $\times \frac{1}{12}$	"	125
4.° Della resistenza delle corda dovuta alla gravità 1500 $\times$ 0,02	"	30
	chilog.ⁱ	905.

Questa tensione sarà dunque di 905 chilogrammi.

Sia $a\ b\ c\ d$ (Tav. XLVI, figura 3) una serie di puleggie collocate sopra una curva di 500 metri di raggio, e lontane le une dalle altre di 5 metri; si troverà la lunghezza $b\ x$ della freccia che forma la corda passante su tre di esse collocate consecutivamente, stabilendo questa proporzione:

$$b\,x : a\,b :: a\,b : 1000, \text{ diametro della curva,}$$

$$\text{ossia } b\,x = \frac{5 \times 5}{1000} = 0{,}025, \quad b\,y = 0{,}05,$$

e formando il parallelogrammo delle forze $a\,y$, $c\,y$, la tensione decomposta secondo $b\,x$ diverrà presso a poco proporzionale a $b\,y$; vale a dire:

$$b\,y = 905^{\text{chil.}} \times \frac{0{,}05}{5} = 9^{\text{chil.}},05.$$

Ma il peso della corda essendo di chilogram. 1,50 per metro, e cadanna delle puleggie a, b, c, d sostenendo cinque metri di corda, questa puleggia sarà

sollecitata nel senso verticale B G (Tavola XLVI, fig. 4) da un peso di chilogrammi 7,50 e, nel senso orizzontale B Y da un peso di chilog. 9,05. Bisognerà dunque darle una posizione intermediaria B P, che soddisfi alla condizione di trovarsi nel piano della risultante delle forze B G, B Y, dando 9,05 di lunghezza a B Y, 7,50 a B G, e tirando la diagonale B P, la quale indicherà la direzione cercata.

Si vede, dietro a ciò, che l'inclinazione da darsi alle puleggie varia secondo la tensione delle gomone; tensione che è assai irregolare, sopra tutto nel partirsi dei vaggoni, ove l'inerzia delle masse esige, per esser vinta, lo sviluppo di tutta la forza della macchina.

La corda, nel movimento del convoglio, può mancare alle gole delle puleggie, e generare così un inconveniente assai grave; imperciocchè si capisce che a misura che i vaggoni discendono, le puleggie *a b c d* (Tavola XLVI, fig. 3) essendo collocate in linea retta, e i vaggoni discendendo da *a* in *b*, la corda che li trattiene cade precisamente nel mezzo delle puleggie. Ma se la direzione dei punto *a*, *b*, *c*, ec., forma una curva, la corda tendendo sempre a mettersi in linea retta, se il convoglio partito dal punto *a* è arrivato in *c* prima che la corda sia stata collocata nella puleggia *b*, essa se ne troverà allontanata di tutta la quantità *b x*; e se qualche risalto o qualche altra circostanza le facesse ancora mancare la puleggia *c*, quando il convoglio sarà in *d*, essa si sarà allontanata da *b* di una distanza presso che doppia. Sarà a dubitarsi allora ch' essa non abbandoni tutte le altre puleggie, e non si slanci nell' interno della curva.

Abbiamo già veduto che la resistenza del convoglio sarebbe, nel caso che abbiamo preso ad esempio, 905$^{chil.}$ Se questa resistenza dovesse esser vinta con 3 metri per secondo, vale a dire con una velocità tre volte più grande che non si dia ordinariamente ai pistoni delle macchine a vapore a posta fissa, la resistenza sul pistone sarebbe $905 \times 3 = 2,715$. E come si calcola ordinariamente che la forza di un cavallo-vapore basti per vincere una resistenza di 75 chilogrammi con l'unità di velocità, ovvero un metro per secondo, la forza della macchina determinata in cavalli sarà dunque di $\frac{2715}{75} = 36,20$ cavalli, 40 cavalli circa.

Abbisognerebbero allora 500 secondi di tempo, o circa 10 minuti alla macchina per far rimontare un convoglio. Supponendo ancora la metà di questo tempo o 5 minuti per la discesa, e 5 minuti per attaccare, e distaccare i vaggoni, la macchina potrebbe bastare a trasportare 8 vaggoni o 24 tonnellate in 20 minuti, ovvero 24 vaggoni o 72 tonnellate all'ora, e 228 vaggoni, ovvero 854 tonnellate durante la giornata media di 12 ore di lavoro; lo che corrisponderebbe ad un movimento di 300,000 tonnellate in un anno.

A misura che il convoglio montando accostasi alle macchine, la resistenza diminuisce proporzionalmente alle quantità di corda che si accavalca al tamburo. Di maniera che questa resistenza, che al basso del piano inclinato era di 2,715 chilog. non dà più alla sua estremità superiore che

$$30,000^{chil.} \times 0,025 \times 3 = 2,50$$

per la pressione riferita sul pistone della macchina.

Se il piano inclinato fosse più o meno esteso, la dimensione della corda dovrebbe essere relativa all'aumento, od alla diminuzione della sua propria resistenza e quella del convoglio.

Supponiamo che il piano inclinato abbia 3,000 metri. Designando con x il peso che deve avere la nuova corda per un metro di lunghezza, e con R la resistenza del convoglio al basso del piano inclinato, avremo:

$$30{,}000^{\text{chil.}} \times 0{,}025 + 3000 \times x \times \tfrac{1}{12} + 3{,}000 \times x \times 0{,}02 = \text{R};$$

e d'altra parte, il peso delle corda dovendo essere proporzionale alla sua resistenza, si avrà del pari:

$$\text{R} : x :: 905^{\text{chil.}} : 1{,}50, \quad \text{R} = \frac{905\ x}{1{,}50}.$$

Sostituendo al posto di R il suo valore in x, e riducendo, si avrà:

$$x\ \frac{1125}{440} = 2^{\text{chil.}}54, \quad \text{R} = 1537{,}40.$$

Questa resistenza è quella che ha luogo al basso del piano inclinato. Nella parte superiore essa sarà diminuita di tutta quella della gomona e ridotta a

$$30{,}000 \times 0{,}025 = 750^{\text{chil.}}$$

vale a dire meno della metà.

Così la resistenza va diminuendo, mentre la potenza delle macchine resta sempre la stessa, e la marcia del convoglio tende ad acquistare un aumento progressivo di velocità. Ne segue da ciò che se gli operai non sono molto lesti a distaccare le gomone, quando il convoglio è arrivato in alto del piano inclinato, esso corre rischio di rompersi contro i tamburi sopra i quali si avvolgono le gomone stesse.

La pendenza dei piani inclinati serviti da macchine stazionarie varia da 0,03 a 0,05. In quanto al prezzo dei trasporti esso dipende dalla tassa fissata per la pendenza, e dalle masse sopra cui si opera. Si capisce in fatti che le spese sono presso a poco le stesse, sia che la macchina funzioni tutta la giornata, sia che non la si metta in movimento che ad intervalli, che non possono esser mai abbastanza lunghi per permettere che si estingua il fuoco delle caldaie. L'economia si limita adunque ad una piccola parte di carbon fossile destinata ad alimentare il fuoco, e non potrebbe essere considerevole.

Del resto, questo modo di trasporto non essendo guari usitato che nel caso dove un solo interesse presieda all'organizzazione del servizio, lo si regola in generale in modo da cavarne il miglior partito possibile.

Delle pendenze sopra le quali i vaggoni possono discendere per il solo effetto di gravità.

I vaggoni discendono pel loro proprio peso tosto che la pendenza attinga un limite tale che la gravitazione possa vincere la resistenza dovuta all'attrito. Sopra

i raili della strada di Manchester, p. e., questo limite è di 0,0056. Sopra tutte le parti della linea dove la pendenza è mantenuta in questo limite, non è d'uopo far uso di motori. Ma da che quella diventa più rapida, i convogli tendono a gravitare di tutto il loro peso, aumentando di velocità secondo la legge indicata dall'inclinazione del piano sopra il quale essi discendono. Diviene allora necessario adoperare un mezzo qualunque per moderarne la corsa, altrimenti il loro movimento continuando ad accelerarsi non sarebbe ben presto più possibile di contenerlo, e ne potrebbero risultare i più funesti accidenti. Si ebbe ad usare fino adesso a quest'uopo di freni fatti di una materia più dura, p. es., di legno, mercè i quali si stabilisce uno sfregamento continuo contro le ruote dei vagoni. La forza di gravità sviluppata dalla corsa, che è una verace caduta, si spende nel logorare le guarniture dei detti freni che si ha la cura di rinnovare in tempo utile: essa trovasi così paralizzata ad ogn' istante, ed a misura che spiegasi e cessa dall'avere influenza sulle corse dei vagoni. Questi freni sono quasi sempre disposti in maniera da agire contemporaneamente sopra le due ruote dello stesso lato dei vagoni ai quali sono applicati, ed il cui numero varia secondo il peso del convoglio e l'inclinazione della linea. La loro azione è regolata da un conduttore che, a mezzo di una carrucola, può farne agire due ad un tempo. La pressione ch' essi esercitano sulle ruote non dovrebbe mai esser tale da impedire a quelle di girare; ma questo è appunto ciò che avviene, quando per economia si vuol diminuire il numero dei conduttori.

Il movimento che prendono i convogli sulle pendenze è soggetto, salve alcune modificazioni, alle medesime leggi di gravità che regolano gli altri corpi. È noto che i corpi cadendo percorrono degli spazii che sono fra loro come i quadrati del tempo scorso dopo l'origine della caduta. Questa legge è una conseguenza di quella della gravità, che agendo sopra un corpo com'esso fosse in riposo, tende continuamente ad accrescere la sua velocità, comunicandogli ad ogn' istante una velocità eguale a quella ah' esso ha ricevuto nell' istante precedente. Ne segue da ciò che le velocità crescono come i tempi, e gli spazii percorsi come i quadrati delle velocità. Se noi dunque chiameremo la velocità v, lo spazio percorso e, ed il tempo t, avremo:

$$t^2 = e\,;\; v^2 = e\,;\; t = v.$$

Ma queste relazioni essendo indipendenti da ogni misura di tempo e di spazio, bisogna, per appropriarle alla nostra maniera ordinaria di calcolare, introdurvi delle costanti che indichino i rapporti di queste quantità fra loro, in metri e in secondi.

Ciò è quanto possiano fare, considerando che un corpo che cade liberamente sulle superficie della terra percorre all'incirca 5 metri nel primo secondo della sua caduta; e che la velocità crescendo in progressione aritmetica come il tempo passato, sarà, per conseguenza, di zero al principio della caduta, e di 10 metri alla fine del primo secondo. S' introdurranno quindi delle costanti nelle tre equazioni sopraindicate, determinando i valori che conviene dar loro perch' esse rappresentino un caso particolare. Questi valori potranno in seguito applicarsi a tutti gli altri casi.

Avremo dunque:

1.° Per le relazioni fra lo spazio ed il tempo, supponendo t il tempo della

caduta eguale a un secondo, lo che corrisponde ad uno spazio percorso o a un valore di e eguale a 5 metri, e designando provvisoriamente con a la costante:

$$a\,t^2 = e,\; a = \frac{e}{t^2} = \frac{5}{1} = 5$$

$$5\,t^2 = e \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

2.° Per la relazione fra la velocità e lo spazio percorso, designando con b la costante, e mettendo al posto di v il suo valore 10:

$$v^2 = b\,e,\; b = \frac{v^2}{e} = \frac{100}{5} = 20$$

$$v^2 = 20\,e \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

3.° E per quella fra il tempo e la velocità, designando con c la costante:

$$c\,t = v,\; c = \frac{v}{t} = \frac{10}{1} = 10$$

$$10\,t = v \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

Ciò posto, si supponga un vaggone collocato in A. (Tav. XLVI, *Arti del calcolo*, fig. 5) sopra un piano inclinato A B avente una pendenza di 0,0136; sia questa pendenza divisa in due parti, di cui l'una C D di 0,0036, rappresenti lo sfregamento che il convoglio esercita sopra i raili; il vaggone collocato in D non prenderà alcun movimento, ma se ricevesse una impulsione la conserverà, come se fosse posto sopra una strada orizzontale, sopra la quale l' attrito sarebbe nullo. Egli è evidente in fatti che la forza di gravitazione tenderà a far cadere il vaggone da A in D; ma come esso vi è impedito dal piano A B, questa forza non potrà agire sopra la linea A B che relativamente alla sua inclinazione misurata da A D.

Ora questa quantità A D essendo la centesima parte di A B, il vaggone percorrerà A B, come se fosse indotto nel senso A B da una sfera d'attrazione eguale a un centesimo di quello della terra, ed il cui centro sarebbe alla medesima distanza di quello della terra.

In questa nuova ipotesi, la velocità e lo spazio percorso nella direzione A B, durante il primo secondo di tempo, non sarebbero più che al centesimo di quello che se fossero stati nella direzione A C; e si determinerebbero i nuovi valori delle costanti $a\,b\,c$ sostituendo nelle equazioni (1) (2) (3) i nuovi valori t, e, v, lo che darà:

$$a\,t^2 = e,\; a' = \frac{e}{t^2} = \frac{0{,}05}{1} = 0{,}05 \quad 0{,}05\,t^2 = e$$

$$20\,e = t^2 \quad \ldots \ldots \quad (4)$$

$$b' \; e = v^2, \; b' = \frac{v^2}{e} = \frac{0{,}01}{0{,}05} = 0{,}\,2, \; 0{,}2 \; e = v^2$$

$$e = 5 \, v^2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

$$c' \; t = v, \; c' = \frac{v}{t} = 0{,}10, \; 0{,}10, \; t = v$$

$$t = 10 \, v' \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Facciamo l'applicazione di questa formule ad un piano inclinato avente una lunghezza di 2,000 metri, e 0,01 di pendenza eccedente quella che risponde allo sfregamento che i vaggoni esercitano sui raili.

Noi conosceremo la velocità colla quale il convoglio arriva in x sostituendo nell' equazione (5) $e = 50^2$, il valore di e, lo che darà :

$$2{,}000 = 5 \, v^2, \; v = \sqrt{\frac{2000}{5}} = 20,^{m} \text{ per la velocità in } x.$$

E, per avere il tempo, metteremo nell' equazione (4) il valore di e

$$t^2 = 20 \, e, \; t = \sqrt{20 \times 2000} = 200''.$$

Dove si paragonino questi valori coi casi analoghi, in cui il vaggone gravitasse liberamente da A in C, si avrebbe :

$$e = A\,y = 20^{m},$$

a la velocità diverrebbe, sostituendo 20 al posto di e nell'equazione (2),

$$v^2 = 20 \times 20, \; v = 20.$$

Lo che deve essere in effetto ; imperciocchè il corpo, percorrendo il piano inclinato $A\,x$, non ha potuto perdere alcuna parte del movimento che gli ha comunicato la gravità, mentre esso ha percorso in entrambi i casi lo stesso piano verticale $A\,y$. Solamente sdrucciolando sul piano inclinato $A\,x$, la sua velocità fu successivamente e per intiero decomposta secondo $\frac{A\,y}{A\,x}$.

Viceversa, il tempo della caduta ha aumentato nella stessa proporzione secondo $\frac{A\,x}{A\,y}$, di maniera che il tempo durante il quale ha agito la gravità ha

precisamente compensato la diminuzione della sua intensità. In fatti, l' equazione (1) dà in questo caso:

$$5\,t^2 = e,\; t^2 = \frac{e}{5},\; t = \sqrt{\frac{20}{5}} = 2'',$$ vale a dire il centesimo di 200''.

Bisogna dunque evitare accuratamente di lasciare i convogli abbandonati a sè stessi sulle pendenze che eccedono il limite corrispondente al loro attrito, imperciocchè essi mettonsi allora in movimento, più lentamente per verità, ma seguendo la medesima legge come se cadessero liberamente, e finiscono coll' acquistare la stessa velocità come se avessero direttamente tutta l'altezza che misura la pendenza del piano inclinato.

Onde prevenire gli accidenti che possono arrivare nella salita, nel caso in cui qualche vaggone si distaccasse dal convoglio, si colloca dietro i vaggoni un pezzo di legno armato di ferro. Questa specie d' appoggio mobile strascinasi sul terreno, e viene all' uopo a puntare contro la massicciata nel mezzo della strada.

In tutti i calcoli precedenti, non abbiamo preso in considerazione la resistenza che l' aria oppone al procedere del convoglio; tenteremo adesso di farlo, per quanto lo permetta la insufficienza delle osservazioni che furono fatte in proposito fino al giorno d' oggi.

Secondo le esperienze fatte da Borda, e confermate dal sig. de Pombourg, può calcolarsi che la resistenza dell' aria per metro quadrato e per una velocità di 6,^{m}50 sia eguale a 4$^{chil.}$24. — Questa resistenza aumenta come il quadrato delle velocità, mentre il corpo esposto alla sua azione a misura ch' esso corre più rapidamente viene colpito da una più grande quantità di molecole. Chiamando r questa resistenza, e sostituendola nel posto di e nell' equazione

$$(2) \quad \ldots \ldots \quad b,\, e, = v^2,$$

avremo

$$b'\, r = v^2.$$

Determineremo b' supponendo il valore di r e quello di v relativi al caso particolare, lo che darà:

$$4{,}24\; r = 6{,}50^2,\; r = \frac{42{,}25}{4{,}24} = 9{,}96,$$

ovvero 10, per semplificare i calcoli, in maniera che l' equazione

$$10\; r = v^2 \ldots \ldots \quad (7)$$

esprimerà il rapporto della resistenza del vento in sostituzione della velocità per l'unità di superficie, vale a dire un metro quadrato.

La sezione trasversale dei vaggoni essendo di 2 metri circa, e la loro resistenza supposta di 0,005, lo sforzo necessario per metterli in movimento diverrà:

$$1{,}350^{chil.} \times 0{,}005 = 6{,}75,$$

vale a dire, $3^{chil.},375$ per metro quadrato. Sostituendo questo valore nell' equazione (7) avremo:

$$10 \times 3{,}375 = v^2$$

$$v = \sqrt{33{,}75} = 5^m{,}80.$$

Furono veduti alcune volte dei vaggoni vuoti mettersi in movimento per il solo effetto di un vento, la cui velocità poteva reputarsi di circa 6 metri, lo che risponde a quanto abbiamo detto più sopra.

Ne segue da ciò, che sopra una pendenza eccedente di 0,005, quella che è necessaria per vincere l' attrito, un vaggone vuoto e isolato non potrà mai acquistare una velocità di più che 6 metri per secondo; lo stesso calcolo servirà a determinare la velocità relativa a qualunque altra pendenza.

Sia, p. es., la pendenza 0,015 eccedente 0,010 quella dello sfregamento, la resistenza sopra questa pendenza sarà eguale a 6,75 per metro, ed avremo

$$v = \sqrt{10 \times 6{,}75} = 8^m{,}21,$$

e se il vaggone cadesse liberamente, il massimo di velocità ch' esso potrebbe acquistare, e non potrebbe oltrepassare, sarebbe espresso da

$$v = \sqrt{10 \times 5{,}75} = 82^m{,}10.$$

Questi calcoli, come lo si capisce, non possono essere riguardati che come approssimazioni imperfette; essi sono proprii soltanto a mettere sulla via per fare osservazioni che possano aiutare a stabilire una teoria sul modo di resistenza dell'aria così poco noto e così poco studiato. Pare infatti che vinta una volta la resistenza dell' aria dai primo vaggone, quelli che lo seguono ne risentano poco gli effetti.

La velocità colla quale discendono i vaggoni da una pendenza eccedendo quelle che rappresenta il loro attrito, ci servirà a misurare questo attrito, tenendo conto tuttavolta della resistenza dell'aria. È d' uopo a ciò fare scegliere una linea inclinata, contigua ad un' altra che lo sia nel senso opposto, o ad una linea orizzontale, ed abbandonare il convoglio sulla parte la più inclinata, osservando l' altezza alla quale esso trovasi nel momento della partenza, ed il punto dove arriverà sul piano opposto.

Supponiamo, come nel caso precedente, che si abbandoni in A (Tavola XLVI, fig. 6) un vaggone del peso di 1000 chilogrammi carico di 3,000 chilogrammi, in tutto 4,000 chilog. Sia il piano inclinato A X, di una lunghezza di 2,000 metri, e di un' altezza verticale A Y di 30 metri, contiguo a una parte X y del livello.

Il vaggone perverrà in X con la velocità risultante dall'altezza verticale A Y, meno la parte che rappresenta l' attrito, e che designeremo con F Y, e quella che è dovuta alla resistenza dell' aria, e che esprimeremo con T F, vale a dire con la velocità relativa ad A T.

Arrivato al punto X esso proverà, percorrendo la linea X y la resistenza dovuta all' attrito rappresentata dalla linea $f\,y$, più quella dovuta alla resistenza dell'aria, rappresentata da $f\,t$, ed arriverà in un punto y tale che $t\,y$ sia eguale ad A T, percorrendo uno spazio X y,

la cui lunghezza servirà a determinare $t\,y$, o l'angolo $t\,X\,y$ composto di $f\,X\,y$, che misura lo sfregamento, e $t\,X\,f$ che misura la resistenza dell' aria.

Supponiamo che il vaggone avendo percorso la linea A X, di 2000 metri di lunghezza, pervenga a $1{,}000^m$ da X in un punto y dove esso si arresta; egli è evidente che l' attrito avrà allora esaurito tutta la velocità che il vaggone aveva acquistato cadendo da un'altezza rappresentata da A T, e che si avrà $t\,y = A\,T$.

Chiamando a il rapporto di $t\,y$ ad $y\,X$ eguale a $\frac{T\,Y}{X\,Y}$, e osservando che l'attrito aumentato dalla resistenza dell' aria mentre il vaggone $y\,X$ è eguale alla gravità quando percorre A X, avremo:

$$1{,}000\;a = 2{,}000\;(0{,}015 - a)$$

dal che si deduce $a = 0{,}01$.

Per conseguenza il seno dell' angolo T X Y ovvero $t\,X\,y$, che misura l'attrito e la resistenza dell' aria, è eguale a 0,01 del raggio.

Il vaggone graviterà dunque da A in X, colla velocità ch' esso avrebbe avuto cadendo nel vuoto da A in T espresso da

$$(2)\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\quad v = \sqrt{20 \times 10}$$

che determinerà in X una corrente d'aria contro il vaggone avente la medesima velocità.

Questa velocità determinerà una resistenza R contro il vaggone, per ogni metro quadrato di superficie, eguale a

$$(7)\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\quad R\;\frac{(14{,}20)^2}{10} = 20{,}18,$$

ovvero, pei due metri di superficie che il vaggone occupa

$$20^{chil.}{,}18 \times 2 = 40{,}^{chil.}36.$$

E come questa resistenza è relativa ad un peso di $4{,}000^{chil.}$, essa corrisponde presso a poco a 0,01 del peso in movimento.

Abbiamo detto che la velocità cresce come il tempo scorso dopo l' origine del movimento; e siccome essa è nulla al punto A, e che al punto X essa raggiunge il suo massimo, ne segue che la resistenza media dell' aria sul vaggone mentre esso percorre A X, è eguale a

$$\frac{o + 40{,}36}{2} = 20{,}18,$$

che, ripartita sul peso totale, equivale a

$$\frac{20{,}18}{4{,}000} = 0{,}005045,$$

vale a dire 0,005, in numero rotondo, durante il tempo del movimento.

Il valore di T F diventa allora

$$2000 \times 0{,}005 = 10^{m},$$

e quello di T Y esprimente l'attrito

$$FY = AY - AT - TF = 30 - 10 - 10 = 10,$$

che ripartito sopra X Y, rappresenta $\frac{10}{2000} = 0{,}005$ del peso totale.

Si misura così la resistenza, servendosi di un dinamometro, col cui intermediario si fa avanzare i vaggoni. Questo strumento è munito di un quadrante diviso, sul quale gira un indice che segna a qual peso corrisponda la resistenza.

Fu tentato parecchie volte questo mezzo, ma esso non ha mai riuscito, perchè la massa del corpo da mettere in movimento è troppo considerevole comparativamente alla resistenza ch' esso oppone al traimento. In fatti, bisognerebbe che la velocità colla quale il motore sviluppa la forza che deve vincere questa resistenza fosse esattamente in rapporto colla velocità che fu comunicatà al vaggone; in caso contrario, l' ago prova oscillazioni continue, a non può essere di alcun soccorso.

Delle pendenze sopre le quali si devono adoperare i motori in due sensi.

Le pendenze sopra le quali i convogli discendono pel solo effetto delle gravità non sono altrimenti le più vantaggiose, imperciocchè le macchine, richiedendo presso a poco le medesime apese, come se trascinassero il loro convoglio, bisogna per quanto è possibile che la resistenza ch' esse devono vincere sia eguale nei due sensi della loro corsa.

Quando si valuta la proporzione fra la salita e la discesa, e si conoscono i limiti dell' attrito, si può indurne la pendenza che soddisfi meglio alla condizione di un eguale traimento. Egli è evidente in fatti che per eguagliare lo sforzo delle macchine tanto nella salita, come nella discesa, bisogna aver riguardo al limite della pendenza, alla misura dell' attrito relativa alla perfezione della strada, ed alla differenza fra la massa dei prodotti che devono essere trasportati in un senso e nell' altro. A questo proposito fu quasi sempre osservato che le grandi masse di produzioni naturali, il cui uso soddisfa a qualche bisogno dell' uomo, sono collocate in generale in luoghi da dove il loro trasporto possa farsi colla maggiore facilità.

Si può ragionevolmente considerare come un fatto costante che il movimento nella discesa è sempre più notevole di quello della salita, quando la linea sia destinata ad un esercizio locale. Si dovrà dunque, per eguagliare lo sforzo totale per l'andata e il ritorno, valutare la differenza del trasporti nella salita e nella discesa, e bilanciare la forza di traimento dietro al limite più o meno elevato della pendenza.

Supponiamo una strada-ferrata il cui movimento nella discesa sia di 600,000 tonnellate, il movimento nella salita di 100,000 tonnellate, e sopra la quale l'attrito sia eguale a 0,005 del peso. Siccome bisogna aggiungere a queste masse il peso dei vaggoni od altri veicoli in cui

quelle devono collocarsi, se noi supponiamo questo peso eguale ad un terzo del primo, il movimento della discesa si eleverà a 800,000 tonnellate, e quello della salita a 300,000 tonnellate. Contrassegnando con x il limite della pendenza che renderà il traimento eguale nei due sensi, avremo:

$$800,000 \times (0,005 - x) = 300,300\, x \,.\, x = 0,00363 = \frac{1}{276}.$$

Si vede in fatti che la resistenza dei convogli salendo sarà:

$$300,000 \times 0,00363 = 1090,90$$

e quella del convoglio discendendo

$$800,000 \times (0,00363) = 1090,90.$$

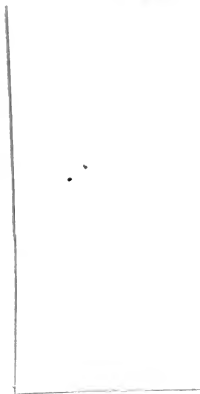
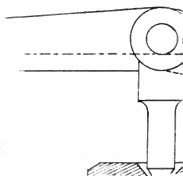
Queste condiziooi sono anche modificate dalle curve, che determinano un eccesso di resistenza tanto più grande quanto il loro raggio è più piccolo; di maniera che converrebbe, per rendere la bilancia perfettamente eguale, aumentare la pendenza sulle curve proporzionalmente all' eccesso di resistenza che esse presentano, e di cui parleremo tosto.

DELL' ECCESSO DI RESISTENZA CHE LE CURVE OPPONGONO ALLA CORSA DEI CONVOGLI.

I. *Dello sdrucciolamento delle ruote dei carri sulle rotaie nelle curve.*

L' eccesso di resistenza, che presentano i convogli quaudo percorrono le curve, è dovuto a molte cause; dapprima havvi l'attrito dell'orlo ripiegato della ruota sulle guide esterne della curva; poscia le ruote, fissate a due a due alla stessa sala, sono disposte per aver sempre un movimento eguale; la differenza di lunghezza fra le due rotaie della curva, costringe la ruota esterna a percorrere una strada più lunga della ruota interna e non può compiere questo soprappiù di tragitto se non sdrucciolando ad ogni istante per un piccolissimo spazio sulla rotaia. Perciò, quando un carro A B C D (Tav. XLVI, figura 7) si muove sopra una curva che ha 500 metri di raggio fino alla rotaia interna e 501ᵐ50ᶜ fino alla rotaia esterna, gli sviluppi di ciascuna delle due linee delle rotaie essendo proporzionali ai raggi, ne segue che sopra una lunghezza C D di 1 metro della rotaia interna, la parte F B corrispondente della rotaia esterna avrà un eccesso di lunghezza di $0^m,003$. Ma le ruote dei carri essendo legate invariabilmente alla loro sala, e la ruota A dovendo percorrere uno spazio di tre millimetri maggiore della ruota C nello stesso tempo, ne risulta che le ruote A B dovranno trascinarsi sulla rotaia A B col carico che portano per uno spazio di $0^m,003$, per ogni metro percorso.

Coulomb ha conchiuso dalle sue esperienze che l' attrito del ferro sopra sè stesso è eguale al terzo circa del suo peso; ma in queste ricerche, come in tutte le altre analoghe intraprese dai fisici, non si poteva prendere in considerazione una velocità così grande come quella de' carri e delle macchine nelle ferrovie. Sembra dunque più semplice il cercare la misura di questo attrito dietro osservazioni affatto speciali al caso di cui ci occupiamo.

Strade ferrate

La gravitazione tende a far acquistare ūna grande velocità ai convogli che discendono, p.e., da Saint-Étienne a Saint-Chamond. Per moderare la loro corsa, fa di mestieri stringere i freni in modo da esercitare un attrito moderato sopra un gran numero di ruote, ma i conduttori per sollevarsi dalla sorveglianza continua che richiede questa operazione, e senza inquietarsi se stemprino o si logorino le ruote, premono sopra un certo numero di freni, col mezzo delle loro *muffole*, con una forza sì grande che le ruote cessano completamente di girare e sdrucciolano sulle rotaie, permettendo tuttavia al convoglio di continuare il suo cammino senza aumento nè diminuzione di velocità. È evidente che l' attrito esercitato allora da queste ruote è misurato dalla forza di gravitazione diminuita di quella che è necessaria per vincere l' attrito del convoglio.

Furono fatte delle sperienze per assicurarsi del numero di ruote che fa d'uopo fermare successivamente per impedire al moto di un convoglio di sei carri di accelerare, e si ottennero i diversi risultamenti che seguono:

Quando le rotaie sono pulitissime e bagnate dalla rugiada, vale a dire nelle circostanze in cui lo sdrucciolamento produce il suo effetto più completo, bisogna, sopra una pendenza di 0,0137, fermare completamente sei ruote, ossia tre sale.

In tempo ordinario, è d' uopo calzare quattro ruote, od un sesto della massa totale.

Finalmente, quando le rotaie sono sucide ed ingombre di fango secco, basta fermare due ruote, ossia il dodicesimo dell' intero peso.

L' attrito sulla strada-ferrata di Saint-Étienne potendo essere riguardato molto approssimativamente come eguale a 0,005, ne segue che la forza sollecitante i carri a discendere sulla data inclinazione diviene

$$0{,}0137 - 0{,}005 = 0{,}0087.$$

Il peso totale d' un convoglio di sei carri è composto come segue:

Peso di sei carri a 1,350 × 6	. . . .	8,100 chil.
Carico di sei carri a 3,250 × 6	. . . .	19,500
	Totale	27,600 chil.

La gravità, in tempo ordinario, tenterà quindi a far discendere questa massa con uno sforzo rappresentato da

$$27{,}600 \times (0{,}0137 - 0{,}050) = 240^{\text{chil.}}{,}12.$$

Questo sforzo basta per far isdrucciolare sopra le sue 4 ruote un carro carico del peso di 4,600 chil., dal che si conchiude che in questo caso la resistenza allo sdrucciolamento è $\frac{240{,}12}{4600}$ del peso totale, ossia, per adottare un numero rotondo a semplificazione dei calcoli, $\frac{1}{20}$. Questa quantità diverrà dunque $\frac{240{,}12}{6900}$ ossia circa $\frac{1}{30}$ nelle circostanze più favorevoli allo sdrucciolamento, e $\frac{1}{10}$ quando le rotaie, per effetto del loro cattivo stato, o del loro imbrattamento, presenteranno il massimo di resistenza dello stato abituale di servigio.

Saremmo giunti direttamente agli stessi risultati facendo astrazione del peso dei

carri, e considerando soltanto la massa sdrucciolante posta in moto per effetto della gravitazione del convoglio, locchè avrebbe dato:

pel primo caso, $0{,}0137 - 0{,}005 \times 4 = 0{,}034$,
pel secondo, $0{,}0137 - 0{,}005 \times 6 = 0{,}151$,
pel terzo, $0{,}0137 - 0{,}005 \times 12 = 0{,}104$.

Considerando dunque l'attrito delle ruote dei carri sulle rotaie come equivalente al $\frac{1}{20}$ del loro peso, se il carro pesa 4,500 chil., l'attrito per le due ruote esterne sarà eguale a

$$\frac{2100}{20} = 115 \text{ chil.}$$

Ma siccome questo attrito non ha luogo che per 0,003 del cammino, bisogna moltiplicare questa quantità per 0,003, locchè darà:

$$115 \times 0{,}003 = 0{,}345$$

per un peso di 4,600 chilometri, ossia 0,00075 del peso trasportato.

Se la curva avesse soltanto 50 metri di raggio, un calcolo analogo indicherebbe un valore 10 volte più grande, in ragione inversa del raggio, ossia 0,00075.

A questo sdrucciolamento, in ragione della lunghezza delle rotaie, se ne aggiunge un altro che tende a prodursi nel senso della larghezza; esso è dovuto alla resistenza che, sulle rotaie di una curva, si oppone al prender le ruote dei carri il loro moto in linea retta, e fa loro abbandonare ad ogn' istante la direzione tangenziale per la quale tutti i corpi mossi circolarmente tendono a sfuggire, e le costringe, con una serie continua di sdrucciolamenti a traverso la rotaia, e con un attrito laterale, a seguire la direzione della curva.

Siano le due rotaie **J B, L D** (Tavola **XLVI, fig. 7**), facienti parte di **una curva il cui raggio abbia 500 metri, ed A, B, C, D i quattro punti delle ruote coi quali un carro appoggi sulle rotaie. Esagerando a bella posta la piccolezza del raggio per rendere più sensibili i risultamenti ai quali siamo per giungere, osserveremo che se le ruote A, B, C, D del carro in moto non fossero trattenute dalla rotaia J B nella direzione della curva, esse continuerebbero a muoversi nelle direzioni B T, B T'. È d'uopo quindi, affinchè il carro dalla posizione ABCD pervenga alla posizione EFGH lontana di un metro dalla prima, che le ruote A, C, prima di porsi in E, G, abbiano sdrucciolato a traverso le rotaie d'una quantità uguale a C H (rappresentando la quantità A F lo sdrucciolamento nel senso della lunghezza della rotaia che abbiamo precedentemente determinata), le ruote B D, per giugnere in F ed in H, devono aver sdrucciolato egualmente in senso contrario sulle rotaie, d'una quantità pur eguale a C H.**

Questa linea C H altro non essendo che il seno rispetto ad un arco uguale a C D, il cui raggio è di 500 metri, avremo:

$$CH = \frac{CD^2}{2\,rag.} = \frac{1}{1000} = 0{,}001,$$

e siccome il quarto del peso del carro, ossia 1,150 chil., appoggia su ciascuna delle ruote, l'attrito del ferro sopra sè stesso venendo calcolato, come sopra, $\frac{1}{20}$ del

suo peso, si avrà per l' espressione dell' attrito:

$$\frac{1150 \times 4}{20} = 230^{\text{chil.}}$$

Ossia, moltiplicando per 0,001, poichè l' attrito ha luogo soltanto durante un millesimo del cammino,

$$230 \times 0{,}001 = 0^{\text{chil.}},230$$

per l' attrito totale, ossia

$$\frac{230}{4600} = 0{,}00005$$

del peso trasportato; quantità che, come la precedente, varia in ragione inversa del raggio delle curve.

Saremmo giunti allo stesso risultato osservando che i due attriti da noi considerati nel senso A F e nel senso C H, lungo e traverso la rotaia, ritornano a quella rivoluzione intera che le due ruote A B avrebbero fatta qualora avessero percorso la circonferenza intera, il cui raggio è di 500 met., sopra una lastra di ferro intorno ai centri C, D; e ad un giro intero delle ruote A, B, C, D intorno ai loro assi. Si vede infatti, che la prima parte dell' attrito equivale a

$$\frac{2 \times 1150 \times 2\,BD \times \pi}{20 \times 4600 \times 1000 \times \pi} = 0{,}000075,$$

e la seconda a

$$\frac{4 \times 1150 \times AB \times \pi}{20 \times 4600 \times 1000 \times \pi} = 0{,}00005.$$

II. *Della resistenza dovuta all' attrito verticale degli orli ripiegati delle ruote contro le rotaie nelle curve.*

Lo sdrucciolamento a traverso le rotaie determina necessariamente un attrito laterale delle ruote contro le rotaie in E e in D (Tav. **XLVI**, figura 7); poichè il carro tendendo, in virtù del suo moto, a progredire nella direzione B T, e trovando in A un ostacolo, mentre può avanzare liberamente in C, si porta sui punti A e D, locchè produce un eccesso di resistenza.

Si può assomigliare questo attrito all' effetto che sarebbe necessario per far vincere al carro la resistenza che gli offrirebbe una salita misurata dal seno verso l' arco percorso, e che dietro il calcolo testè stabilito sarebbe di 0,001. Questo effetto avendo luogo sopra due ruote cariche ciascuna di $1150^{\text{chil.}}$, rappresenta $2{,}300^{\text{chil.}}$ Esso tende a rovesciare la rotaia esterna e la rotaia interna fuori della via, con una intensità d' azione eguale ad un millesimo del peso che porta ciascuna ruota, ossia a $1^{\text{chil.}},15$ per ruota; e si aggiunge per la curva esterna, all' effetto molto più considerabile della gravità, del quale dobbiamo ora occuparci. L' attrito che ne risulta contro l' orlo della rotaia essendo riguardato come uno sdrucciolamento, l'espressione della resistenza da esso prodotta diverrebbe:

$$\frac{2 \times 1150}{20 \times 4600 \times 1000} = 0{,}000025.$$

Il meccanismo del calcolo da noi usato per determinare il valore delle diverse

quantità che tendono ad opporsi al cammino dei carri sulle curve, aumentando la loro resistenza, ci fa vedere che queste diverse resistenze sono tanto maggiori quanto la via è più larga e che le sale sono più lontane le une dalle altre. Difatti, a misura che A C diverrà più grande, la differenza tra F B ed H D aumenterà nella stessa proporzione. D' altra parte, aumentando C D, la lunghezza del seno-verso C H non sarà più nello stesso rapporto con C D; questo rapporto crescerà, per piccoli spazii, quali qui devonsi considerare, come i quadrati di C D.

Ciò spiega il perchè siamo costretti di rinunziare ai vantaggi che si troverebbero nell' aumentare la larghezza della via e la distanza tra le sale; poichè è necessario di tenersi in limiti tali che si possano praticare le curve senza incontrarvi un troppo grande eccesso di resistenza; e bisogna d' altronde riservarsi la possibilità di passare da una via in un'altra impiegando, sopra cortissimi spazii, delle curve di un raggio estremamente piccolo, locchè diverrebbe affatto impraticabile dove si dasse troppa distanza alle rotaie ed alle sale.

III. *Dell' attrito degli orli ripiegati delle ruote sulle rotaie delle curve, nel senso orizzontale.*

Come abbiamo detto, un corpo che si muove secondo una legge in una curva ove è rattenuto da un ostacolo, tende costantemente a dirigersi in una linea retta tangente alla curva, tosto che l' ostacolo che ve lo rattiene cessi di agire. Allorquando si conoscono la velocità di questo corpo e la sua massa, si può determinare lo sforzo che eserciterà in senso orizzontale contro la parte concava della rotaia esterna, purchè sia dato il raggio della curva.

Sia dunque A B (Tavola XLVI, figura 8) il piano orizzontale delle rotaie perpendicolare alla direzione nella quale la gravità ha esercitato la sua azione; ed A C un piano verticale e perpendicolare alla direzione y della forza colla quale la rotaia A resiste alle ruote dei carri, per mantenerli in una curva M N che sono costretti a descrivere. Lo sforzo che fa un carro o qualunque altro corpo in moto in una curva, come pure la forza necessaria per rattenervelo, si misurano colla lunghezza del seno-verso dell'arco percorso in un dato tempo. Difatti un corpo che parte da A e diretto in S, ma rattenuto dalla curva A V, eserciterà in V, contro questa curva, uno sforzo tanto maggiore quanto la lunghezza S V sarà più grande. Questa lunghezza sarà dunque la misura della resistenza che deve opporre la rotaia alla deviazione del carro.

Ciò posto, ed essendo il peso del carro di 4,600 chil., la sua velocità di 15 metri per secondo ed il raggio della curva A V di 1000 metri, determineremo il valore di S V osservando qual è il senoverso dell' arco A V.

$$S\,V = \frac{A\,V^2}{2\,rag.} = \frac{225}{2000} = 0{,}1125.$$

Per paragonare questo valore coll' effetto della gravità alla superficie della terra, noteremo che quando un corpo è abbandonato a sè stesso, senza essere rattenuto da verun ostacolo e che nulla si opponga alla sua caduta, l' attrazione della terra gli fa percorrere uno spazio di circa 5 metri nel primo minuto-secondo del suo moto. Ne segue dunque che la vera misura della gravità sarebbe rappresentata dalla velocità che dovrebbe aver la terra, affinchè descrivendo un

arco A S in nn secondo di tempo, il seno-verso S V dell' arco percorso fosse eguale a 5 metri; o, in altri termini, che se la terra fosse fornita di questa velocità, i corpi che sono posti alla sua superficie proverebbero una tendenza ad allontanarsi dal suo centro, con una intensità di azione sufficiente per farle percorrere 5 metri per secondo; locchè annullerebbe la gravità e renderebbe i corpi indifferenti ad occupare tutte le posizioni verticali nelle quali si potesse collocarli.

Questa velocità od A S sarebbe espressa da

$$AS^2 = 5 \times 13{,}750{,}000,\ AS = 7{,}980^{m.}$$

ossia 17 volte circa la velocità attuale della terra, che è di 463 metri per secondo.

Affinchè lo sforzo fatto dai carri per iscappare, dalle rotaie, e la pressione esercitata contro di esse fossero eguali alla gravità, sarebbe dunque d'uopo che fossero forniti di tale velocità da far loro percorrere, in un secondo, uno spazio S V che fosse eguale a 5 metri; locchè dà, supponendo una curva di 1,000 metri di raggio,

$$AS^2 = 5 \times 2000,\ AS = 100^{m.},$$

vale a dire una velocità di cento metri per secondo.

Partendo da questo dato, possiamo conoscere lo sforzo dei carri per rovesciare le rotaie determinando S V, quando la velocità ed il raggio delle curve saranno conosciuti.

Si tratti dapprima di determinare lo sforzo S V sopra una curva di 1,000 metri di raggio, ed una velocità di 30 metri, raggiunta talvolta sulla strada-ferrata di Manchester; avremo:

$$SV = \frac{30 \times 30}{2000} = 0{,}45,\ \text{ossia}\ \frac{0{,}45}{5} = 0{,}09\ \text{del peso totale};$$

quindi una macchina del peso di 9,000 chil., eserciterebbe, per rovesciare le rotaie, uno sforzo rappresentato da

$$9{,}000\ \text{chilogrammi} \times 0{,}09 = 810^{\text{chil.}}$$

Conviene osservare tuttavia che il tempo durante il quale la rotaia deve sostenere questo sforzo, diminuisce a misura che aumenta la velocità; è uno sforzo passaggero che non ha il tempo di produrre il suo effetto. Così è noto che dando un gran colpo di martello sopra un' incudine non la si smuove dal posto, mentre che usando di continuo della stessa forza per spingerla nello stesso senso, si giungerebbe a rimuoverla dalla sua posizione. Lo sforzo delle macchine e

dei carri, mossi con grandi velocità sulle strade-ferrate, può dunque esser assomigliato ad urti ripetuti che tendono a distruggere le rotaie attaccando la loro organizzazione interna piuttosto che smuoverle dalla loro posizione; e questo è ciò che sembra sia stato riconociuto. Il ferro delle rotaie che aveano, per es., servito lungo tempo sulle strade-ferrate di Darlington, di Manchester o di Saint-Étienne, subì nna specie di disorganizzazione, come se fosse stato battuto lungo tempo su di un' incudine. Una parte delle rotaie si copre di scagliette sottili che scrostansi successivamente, ed altra parte ben più notevole si separa in filetti in modo da presentare l' aspetto del canape:

La velocità comune della strada-ferrata di Manchester essendo di 15 metri per secondo, lo sforzo che i convogli esercitano nel senso orizzontale, paragonato alla gravità, diviene:

$$\frac{15 \times 15}{5 \times 2000} = 0{,}0225,$$

e quello di un carro del peso di 4,600 chilog., per rovesciare le rotaie

$$0{,}0225 \times 4600 = 103^{\text{chil.}},50.$$

Sulla strada-ferrata di Saint-Étienne, con velocità di 6 metri e con curve di 500 metri di raggio, si avrebbe pel primo valore:

$$\frac{6 \times 6}{5 \times 1000} = 0{,}0072,$$

e per l'attrito dei carri del peso di 4,600 chil.

$$0{,}0072 \times 4600 = 33^{\text{chil.}},12.$$

Si può riguardare questa pressione come la misura dell' attrito che gli orli ripiegati delle ruote dei carri esercitano lateralmente contro le rotaie. Tuttavia il moto, e quindi l' attrito, invece di esercitarsi in un solo senso, si effettua con una serie di sdrucciolamenti sopra una serie di piccoli segmenti di curve epicicloidali; locchè in ultima analisi torna lo stesso come se le superficie avessero sdrucciolato le une sopra le altre, seguendo una linea retta od una curva continua. L' attrito essendo uguale a $\frac{1}{20}$ del peso, avremo per la misura dell' attrito sulla strada-ferrata di Saint-Étienne:

$$\frac{6 \times 6}{5 \times 1000} \times \frac{1}{20} = 0{,}00036 \text{ del peso totale.}$$

Ricapitolando queste diverse quantità, per calcolare la resistenza totale, troveremo:

1.° Per la strada-ferrata di Saint-Étienne, sopra curve di 500 metri di raggio e con velocità di 6 metri:

1.° Per la differenza di sviluppo delle curve interne e lo sdrucciolamento lungo le rotaie	0,000075
2.° Per lo sdrucciolamento a traverso.	0,000050
3.° Per l'attrito contro le rotaie interne ed esterne . . .	0,000025
4.° Per la resistenza dovuta alla decomposizione della gravità nel senso orizzontale	0,000560
Totale	0,000510.

2.° Per la strada-ferrata di Manchester, sopra curve di 1,500 metri e con velocità di 15 metri:

1.° Per lo sdrucciolamento delle ruote sulle rotaie, nel senso della loro lunghezza .	$0,000075 \times \frac{1}{3}$.	0,0000250
2.° Per lo sdrucciolamento a traverso .	$0,000050 \times \frac{1}{3}$.	0,0000166
3.° Per l'attrito contro le rotaie interne ed esterne	$0,000025 \times \frac{1}{3}$.	0,0000083
4.° Per la resistenza dovuta alla decomposizione della gravità nel senso orizzontale	$0,000360 \times \frac{225}{36} \times \frac{1}{3}$.	0,0007500
Totale		0,0007999.

Sarebbe necessario un maggior numero di esperienze oltre alle fatte finora per assicurarsi fino a qual pnnto questi calcoli si accostino al vero. Mancano molti dati per valutare le circostanze particolari a ciascuno di questi casi. Non si sa, per esempio, se l'attrito delle ruote sulle rotaie segua una legge indipendente dalle grandi velocità, e se i piccoli spazii ch'essa fa loro trapassare ad ogni istante non lo diminuiscano in modo sensibile. La maniera di agire di questo attrito si modifica probabilissimamente eziandio coll'uso delle ruote temprate e perfettamente pulite, e secondo ch'esse sdrucciolano sopra rotaie asciutte od umide. Finalmente non si sa come si comportino le ruote rispetto ai sostegni interni dei carri contro i quali succede lo sfregamento nel loro cammino, qualora partecipino della natura e dell'intensità di questo attrito.

Le sperienze per verificare l'eccesso di resistenza che il moto dei carri prova sulle curve, in confronto di quella che incontra sulle linee rette, nelle grandi velocità, presentano molte difficoltà, e pochissime ne sono state fatte. Trovasi un solo fatto citato a questo proposito, dal

maggior Poussin; ma ei non dà nè le particolarità degli sperimenti che hanno servito a stabilirlo, nè la velocità alla quale si riferiscono le esperienze; ommette pure di dire se le rotaie della curva esterna avessero un aumento di elevazione in confronto di quelle della curva interna, circostanza che, come ben presto vedremo, è di natura tale da attenuare una gran parte dell' eccesso d' attrito che i convogli provano percorrendo le curve.

Il maggiore Poussin ritiene che l' eccesso di resistenza sopra una curva di 122 metri, percorsa con una *velocità moderata*, richieda uno sforzo metà più forte di quello necessario onde percorrere una linea retta. Supponendo che la velocità sia di 5 metri per secondo, alquanto superiore a quella di 13 chilometri per ora, avremo per le diverse quantità che riferisconsi all'eccesso d' attrito nel caso particolare:

1.° Per la differenza di sviluppo delle rotaie e lo sdrucciolamento per lungo . . $0{,}000075 \times \frac{500}{122}$ . . 0,000307

2.° Per lo sdrucciolamento a traverso. $0{,}00005 \times \frac{500}{122}$ . . 0,000205

3.° Per l'attrito contro la rotaia interna ed esterna . . . . $0{,}000025 \times \frac{500}{122}$ . . 0,000102

4.° Per la resistenza dovuta alla decomposizione della gravità nel senso orizzontale . . . . $0{,}000360 \times \frac{500}{122} \times \frac{25}{36}$. 0,001020

0,001634.

Non conoscendosi la misura dell'attrito sulla strada-ferrata citata dal maggior Poussin, riesce impossibile il valutare la differenza tra ciò che indica il calcolo e ciò che si ricava dalle esperienze; e siamo ben lungi, d' altra parte, dal dare questi risultamenti come proprii a rappresentare i fatti. Questi metodi, od altri simili, possono tutt' al più mostrare con quali leggi si regola l' azione dei corpi gli uni sugli altri; ma in nessun caso puossi sperare di giovarsene per prevederli *a priori*, dove non si abbiano, per termine di confronto, osservazioni fatte in circostanze assolutamente simili. Lo studio minuzioso quindi di tutte le particolarità che possono modificare questi diversi effetti, è quello col quale convien procedere alla soluzione delle diverse questioni; si potrà allora far qualche assegnamento sui calcoli coi quali si cerca di chiarirli, e che, come si vede, non richiedono una gran cognizione delle matematiche.

La causa principale dell' eccesso d' attrito che i carri provano percorrendo le curve, è dovuta alla gravitazione artificiale, che determina nel carro una tendenza ad essere rigettato orizzontalmente fuori della via. Si potrà dunque, combinando questa forza con quella della gravità, determinare una risultante, nella quale ognuna di queste due quantità entrerà pel suo valore; e se si dispongono le rotaie della strada-ferrata in un piano perpendicolare a questa risultante, si paralizzerà completamente l' effetto dell' attrito laterale dell'orlo ripiegato delle ruote

contro le rotaie, come pure la tendenza del carro ad uscire della via.

Sia dunque A B (Tav. XLVI, figura 8) una linea orizzontale rappresentante una sezione attraverso la strada-ferrata. Quando le ruote di un carro si troveranno poste in A in B, il suo centro di gravità passerà per D P supponendo D P perpendicolare ad A S, ed il carro, se è mosso in una direzione A S perpendicolare ad A B, persisterà a conservare una posizione che sarebbe parallela al piano verticale generato da una seria di linee D P, le quali rappresenterebbero le posizioni che il carro prende nella sua corsa.

Ma se il carro è sviato dalla strada rettilinea per una curva AM di 500 metri di raggio, sulla quale la gravità decomposta nel senso TY, esercita, come abbiam veduto, uno sforzo di $33^{chil.},12$, per una velocità di 6 metri al secondo, ossia 0,0072. è visibile cha la risultante di queste due forze non passerà nè per DP, nè per TY, ma per una linea DR, la cui posizione dovrà soddisfare a queste due condizioni.

Ora si sa che la risultante DR è la diagonale del parallelogrammo delle forze DQRP, quando la lunghezza dei lati DP, DQ rappresenta l' intensità delle forze x, y; si costruirà dunque DQRP facendo DP = 5 metri per rappresentare la gravità della terra, e DQ = 0,0072, misura della forza centrifuga dei carri nel senso AD; si tirerà la linea DR diagonale a DPRQ; e sul suo prolungamento si tirerà la linea CB perpendicolare a TR, che diverrà un vero piano orizzontale pei carri: la gravità per essi non si dirigerà più verso il centro della terra fino a che essi conserveranno la stessa velocità, ma bensì secondo una linea DR, la cui posizione si scosterà da DP in ragione del quadrato di questa velocità e che dovrà quindi essere compensata da un eccesso di rialzamento della rotaia A.

Questo rialzamento della rotaia esterna equivale adunque ad una quantità AC eguale a 0,0072 di AB, ossia $0,0072 \times 1,50 = \times 0^{m},0108$ sulla strada-ferrata di Saint-Etienne, con una velocità di 6 metri; e $0,226 \times 1,50 = 0,0337$ sulla strada-ferrata di Manchester, con una velocità di 15 metri. Questo è quanto viene praticato comunemente; ma fa d' uopo che il terreno sia ben raffermo, e le rotaie stabilite molto solidamente, affinchè gli abbassamenti, quando la strada-ferrata è praticata da pesanti veicoli, non si confondano con questa differenza, come è accaduto nei tre primi anni di esercizio della strada-ferrata di Saint-Etienne.

Onde prevenire gl'inconvenienti che risultano dal parallelismo delle sale nelle curve, si dà talvolta ai quarti delle ruote una forma leggermente conica. Con questo mezzo, la gravità, rigettando il carro sulla curva esterna, lo fa girare sopra una parte, il cui raggio è tanto più grande quanto più essa è vicina all' orlo interno della ruota. Devesi allora dare alla rotaia un aumento di elevazione minore di quello indicato dal calcolo, affinchè una parte della forza centrifuga che tende a rigettare il carro da B in A, unita alla differenza dello sviluppo della due ruote nella parte del quarto della ruota che poggia sulle rotaie, mantenga il carro sulle rotaia, per evitare l' attrito della *barbetta*.

Il calcolo può indicare esattamente quali sono le quantità che soddisferanno a queste diverse condizioni per date velocità e dati raggi di curvatura. Ma questa esattezza non può mai esser raggiunta in pratica, e tutti questi mezzi sono soltanto palliativi molto imperfatti onde sopplire alla mancanza dei grandi sviluppi di curve. Non ci estenderemo dunque più a

lungo su questo argomento, limitandoci a mandare per maggiori particolarità all'opera di Pambour (pag. 326), ove si troverà tale questione trattata analiticamente con tutta la chiarezza desiderabile.

Quando si dà alle rotaie un aumento di elevazione per controbilanciare l'effetto della forza centrifuga, conviene aver cura di conservare ad una delle guide il livello della linea, affinchè gl'impiegati possano riferire le loro operazioni ad una direzione invariabile, che rappresenti quella del profilo in lunghezza. Questa precauzione è importantissima per facilitare posteriormente la manutenzione della via; essa offre il mezzo di rettificare prontamente gli errori dei cantonieri che ne' primordii dell'esercizio, e finchè non abbiano acquistato grande abitudine del loro lavoro, contribuiscono ad aumentare le deformazioni prodotte dagli abbassamenti, alzando od abbassando sconsideratamente una delle rotaie. Si deve pure vegliare attentamente affinchè il piano delle rotaie sia esattamente nella direzione della linea CB, e non in quella di AB, perchè il minimo errore nella loro inclinazione determina le macchine ed i convogli ad appoggiare sui loro orli, e ne induce prontamente la distruzione.

IV. *Di alcune cause accidentali di resistenza.*

Havvi ancora un gran numero di altre cause accidentali che determinano un aumento di resistenza al tragitto dei convogli, e intorno alle quali esporremo alcune brevi considerazioni. Le principali sono:

1.° La resistenza del vento in senso verticale o traversale.

2.° La mancanza di parallelismo nelle ruote dei carri.

3.° La connessione imperfetta de' tavolati che formano il telaio de' carri, in guisa che i quattro colli, invece di occupare i quattro angoli di un parallelogrammo rettangolo, trovinsi agli angoli d'un parallelogrammo obliquangolo.

4.° L'ineguaglianza del diametro delle ruote.

5.° Una commettitura imperfetta delle ruote sulle sale, di modo che la sala non sia perpendicolare al loro piano.

6. Une cattiva centratura, che fa che certe parti del quarto di ruota siano più vicine al centro le une delle altre.

7. Un cattivo accoppiamento de' carri, pel cui effetto il tiro non si operi nella linea del centro di gravità.

8.° I cangiamenti di via.

9.° Le scosse cagionate dall'unione delle rotaie.

10.° Il rotolio che prendono i convogli.

11.° L'imperfetta unzione.

Recherà forse sorpresa di vederci insistere sopra particolarità delle quali la maggior parte sembra di spettanza degli operai incaricati della costruzione o della manutenzione del materiale; ma bisogna considerare che una strada-ferrata è una macchina di precisione che distinguesi affatto dai mezzi grossolani sufficienti per costituire buonissime vetture comuni; e che non si devono trascurare quindi le più minute precauzioni per prevenire inconvenienti che influiscono talvolta per frazioni di millesimi nella espressione dell'attrito.

I. Quando il vento spira verticale o dietro al convoglio, esso non può esercitare un'azione sì grande da ritardare od accelerare il cammino; poichè quest'azione non ha luogo che sopra alcuni metri, rappresentanti la maggior sezione della macchina. Tuttavia, siccome le resistenze crescono in ragion inversa del quadrato delle velocità, quando la direzione del vento trovasi in senso opposto al cammino della

macchina, i due effetti, combinandosi, possono dare a questa resistenza un gran valore.

Prendiamo per esempio un convoglio che si muove con una velocità di 20 metri, in una direzione opposta a quella del vento, avente una velocità di 30 metri. Se la sezione della macchina è di 3 metri, la resistenza opposta dall' aria al tragitto del convoglio sarà eguale alla pressione esercitata da una colonna d'aria che avesse 3 metri per base, e per altezza quella che corrisponde ad una velocità di 50 metri, rappresentati dalla equazione

$$10\,r = v^2 \cdot r = \frac{50 \times 50}{10} \times 3 = 750^{\text{chil.}},$$

vale a dire quasi tutta la forza della macchina. Ma queste velocità del vento sono rare, e le macchine non sono ancora obbligate a percorrere in modo permanente le strade-ferrate colla rapidità dietro cui abbiamo calcolato, di guisa che questo incoveniente può ancora esser riguardato come un accidente passaggero e di poca importanza.

La resistenza del vento di traverso ha per risultato di gettare il convoglio contro la fila di rotaie opposta alla sua direzione: effetto che può essere valutato in modo approssimativo come il precedente. Supponiamo un convoglio di dieci vetture da viaggiatori, e presenti ognuna una superficie di 6 metri quadrati nel senso della lunghezza delle rotaie, e quindi in tutto una superficie di 60 metri. Se la velocità del vento è di 20 metri, lo sforzo da esso esercitato sarà espresso da

$$10\,r = v^2, r = \frac{20 \times 20}{10} \times 60 = 2400^{\text{chil.}}$$

Siccome abbiamo supposto l'attrito $\frac{1}{20}$ della pressione, la resistenza al movimento sarà di $120^{\text{chil.}}$ di dettaglio, ogni qualvolta le ruote più scostate appoggieranno sulla rotaia interna.

II. La mancanza di parallelismo nelle sale dei carri oppone al loro tragitto inconvenienti analoghi a quelli che provano quando percorrono delle curve. Ora poichè una differenza di 0,003 tra gli sviluppi delle rotaie esterne ed interne produce una resistenza valutabile, e che se gli operai dessero ai sopporti o cuscinetti delle ruote A, B (tav. XLVI, fig. 7) una divergenza di $0^m,003$ maggiore di quella delle ruote C, D, ne risulterebbe un eccesso eguale di resistenza, la resistenza che presentano le curve sarà dunque raddoppiata da questa leggera imperfezione

III. Quando un accidente, un vizio di costruzione, una mancanza di cura nella riparazione, fanno variare la posizione dei tavolati AB, CD (figura 7) che compongono il telaio del carro, e che la diagonale AD non è più eguale a CB, il carro esercita sui colli A e D o C e B, secondo che è deformato, una pressione che lo rigetta sulle rotaie e vi cagiona un eccesso di attrito. Ciò mai non accade alle vetture destinate al trasporto dei viaggiatori, ma sopra strade-ferrate ingombre dai trasporti, si giunge spesso a porre in opera carri riparati provvisoriamente e riposti

abusivamente sulla linea. Dove si considerasse tutto ciò che può risultare da tale servigio, in eccesso di resistenza, od in probabilità di accidenti, senza dubbio farebbesi uso di maggior prudenza e non si farebbe percorrere la via se non da carri in istato perfetto.

IV. L' ineguaglianza del diametro delle ruote, cangiando eziandio le relazioni di sviluppo dei quarti di ruota sulle rotaie, produce un effetto analogo a quello che risulta dalla mancanza di parallelismo nelle sale. È assai difficile ottenere dai fonditori che le ruote siano d' un diametro perfettamente uguale. Il ristringimento della ghisa non è sempre molto regolare; la minima differenza di diametro delle forme nelle quali si fondono le ruote per dare la tempra alla parte esterna de' quarti, ne cagiona di simili nella ruote. Se questi errori, leggieri in sè stessi, invece di compensarsi si aggiungono gli uni agli altri, complicandosi pure di alcune altre differenze, può provenirne un notevolissimo aumento nella resistenza.

V. Le ruote devono essere stabilite sulla sala in modo ch' essa sia perfettamente perpendicolare al quarto di ruota. Alcune cure bastano per ottenere questa condizione, e si è sicuri di averla raggiunta, facendo girare la sala nei suoi colli sopra un tornio destinato specialmente a questa prova. Ma negli urti e negli accidenti accade spessissimo che le sale piegansi e si falsano, ciocchè distrugge il parallelismo delle ruote; ne risulta allora che la parte più larga della ruota, quando passa sulla rotaia, esercita su di essa un grande attrito ed anche una specie di urto che fa salire l'orlo ripiegato sulla rotaia, mentre la parte opposta si getta entro la rotaia e può anche indurre la caduta del carro fuori della via. Perciò quando le sale di un carro hanno subito qualche dissesto, devono essere tosto o riparate o riformate.

VI. Il difetto di centratura delle ruote cagiona al carro una scossa che tende a disorganizzarlo. Ma questo è, di tutti gli inconvenienti noti, uno de' più rari e dei più facili a prevenire. Le ruote nella costruzione più comune si forano sul tornio; se vi è qualche possibilità di errore, ciò non accade che rimontando vecchie ruote nella sala che avesse preso da lungo tempo a vagolare nel mozzo. Tali riparazioni sono sempre imperfette, di poca durata e quando una ruota non è salda sulla sua sala, è meglio sostitnirne un' altra.

VII. L' accoppiamento dei carri influisce singolarmente sul tiro. Ben si comprende non esser possibile che il tiro abbia sempre luogo in una direzione che passi pel centro di gravità del carro; e tuttavia questa condizione è assolutamente necessaria, affinchè i carri nel loro tragitto non siano rigettati obbliquamente sulle rotaie. È dunque tanto più ragionevole di porre ogni diligenza possibile nell' organizzare l' accoppiamento quanto più è difficile di ottenerlo perfetto. Si esperirono per giungervi molte maniere delle quali nessuna finora ha raggiunto completamente lo scopo. La prima fu di collocare nel mezzo del carro una spranga di ferro rigida, che col mezzo d' una chiavetta si legasse colla sua parte inferiore alla parte anteriore della spranga del carro seguente. Ma questa connessione presentava una tal rigidezza che il convoglio altro più allora non formava che una sola massa, e non era più possibile alle macchine ed agli uomini di vincere la sua inerzia e di metterlo in moto. D' altra parte, bastava che il movimento dei carri si trovasse impedito da un ostacolo qualunque, anche nelle piccole velocità, perchè le spranghe d' accoppiamento dei primi fossero piegate, spezzate o

strappate. Finalmente si era costretti ad aggiungere a queste spranghe delle catene attaccate con uncini alla estremità dei pezzi principali del telaio de' carri, per far fronte agli accidenti, che nelle rapide pendenze sarebbero stati l'effetto dello sbalzo d'una chiavetta, lo che avrebbe cagionato una discesa precipitata de' carri lungo i piani inclinati. L'accoppiamento con ispranghe rigide fu dunque abbandonato, e si diede luogo su molte strade-ferrate a due catene di ferro fissate solidamente con un anello e con un uncino alle estremità rispettive dei *correnti*.

Questo mezzo è ancora assai imperfetto; poichè, nelle curve, i carri, tirati forzatamente da un solo dei loro angoli, sono rigettati a traverso la via. È d'altronde quasi impossibile che gli accoppiamenti siano abbastanza esattamente eguali perchè, anche nelle rette, il tiro porti egualmente sui due lati.

Finchè non si eviterà di lasciare intervalli tra i carri, ne seguiranno scosse che avranno per effetto di deteriorare il materiale e di molestare i viaggiatori. Sulla strada-ferrata di Manchester, ed in generale su quelle destinate al trasporto dei viaggiatori, si è giunti ad attenuare questo controcolpo accoppiando le vetture col mezzo di forti molle d'acciaio e collocando all'estremità dei *correnti* dei cuscini di cuoio guerniti di ferro ed imbottiti di crini. Ma questo mezzo non è abbastanza semplice, è troppo costoso, e la sua applicazione ad un moto notevole domanda troppe cure e precauzioni. È dunque desiderabile che si possa trovarne uno più economico e meno complicato.

VIII. I cangiamenti di via cagionano pure un aumento di resistenza; ma siccome questo effetto è limitato a passaggi brevissimi e generalmente assai rari, non ne risultano inconvenienti molto gravi pel servigio generale. Tuttavia i pezzi di ferro che tengon luogo delle rotaie, rappresentando su questi punti una porzione di curva di piccolo raggio, se la loro connessione non è solidissima, e se le diverse linee d'incrocicchiamento non sono state perfettamente studiate, possono seguirne frequenti accidenti.

Quando si passa da una guida ad un'altra, si deve dare la maggior lunghezza possibile ai rami addizionali DF, AC (tavola XLVI, fig. 9) affinchè le curve o piuttosto gli angoli GAC, HDF, pel quali devono passare i carri siano raddolciti quant'è possibile. È essenzialissimo di ben calcolare la posizione di questi tagli, e di acconciarvisi in modo che il moto in discesa sulle pendenze rapide, vale a dire quello che logora più la via, abbia luogo su curve meno serrate che sia possibile.

Supponendo che la lunghezza AC sia di 40 metri, se le parti GAB, ICB sono accoppiate a rette, rappresenteranno una curva il cui raggio sarà sempre inferiore a

$$\frac{20 \times 20}{2 \times 1{,}50} = 158.^{m}$$

Se il taglio o *turnhout* è posto sopra una curva, questo raggio dovrà aggiungersi a quello della curva od essere diminuito, ed i passaggi di questi punti offriranno la resistenza e presenteranno tutti gl'inconvenienti relativi alla rapidità della loro curvatura. L'aggravamento che il passaggio dei carri fa provare a questi punti richiede che sieno stabiliti con ogni sorta di cure e di precauzioni; poichè il minimo dissesto nei numerosi pezzi che formano un *turnhout* diviene una causa di accidenti. La curva dei *cuori*, o pezzi posti in B ed E, che serve ad attraversare le rotaie, dev'essere perfettamente studiata, come pure la disposizione degl'ingressi e delle uscite. In una strada ferrata

piena di accidenti di terreno in cui le curve sono assai ripetute, e bene spesso accoppiate le une alle altre, bisogna aver sempre un gran numero di forme ben calcolate, che servano od a fondere i pezzi se devon essere di ferro fuso, od a incurvare le rotaie o pezzi di ferro che sono destinati a formare queste guide addizionali.

IX. Un'altra causa di aumento di resistenza risiede nella ineguaglianza di altezza delle rotaie nei siti in cui esse sono riunite, o nella loro cattiva connessione sui guancialetti. Questo difetto si fa scorgere per una scossa che i carri provano periodicamente e ad intervalli corrispondenti al tempo che la macchina mette a percorrere una rotaia. Non si pervenne ancora a far sparire interamente questo ostacolo. Il ferro all'estremità della rotaia è generalmente più scaglioso e meno sano che nel mezzo; per quanto leggiera sia la differenza di altezza fra le due estremità adiacenti, ne risulta un urto ed un deteriorsmento tanto più rapido in quanto l'effetto reagisce sulla causa per scavare sempre più la parte già troppo bassa.

Inoltre le guide sono ancora soggette ad ultrepassarsi nei capi nel senso laterale; e quando questa spurgenza è abbastanza avanzata nell'interno della via per servire di appoggio all'urlo ripiegato delle ruote e farle ascendere sul piano delle rotaie, se esso si presenta in faccia del lato sul quale arriva il convoglio, può cagionare l'uscita de' carri fuori della via. È raro che le guide, uscendo dal laminatoiu, siano perfettamente diritte; e basterebbe ch' esse fossero alquanto ripiegate per produrre un tale accidente, se i cantonieri, al momento della collocazione, non avessero la cura di comprimerle le une sulle altre, col mezzo di chiavi od artigli specialmente destinati a questa operazione.

Da tuttociò, come dalle precauzioni richieste nella collocazione del *tornhout*, sorge la necessità di destinare una via per l'andata ed un'altra pel ritorno. Questa misura è tanto più essenziale, che non prendendola non si può aver la certezza di evitar sempre l'incontro dei convogli e delle macchine, o qualunque altro accidente che fosse l'effetto di un dissesto fortuito nell'ordine generale prestabilito. Basterebbe a ciò che si avesse dimenticato di avvertire uno solo dei numerosi impiegati che devono esserlo, o che un'altra occupazione ne avesse per alcuni istanti distratta l'attenzione.

X. Le guide, per quanto solidamente stabilite esse siano, qualunque siano le loro dimensioni, provano sempre un poco di flessione nel passaggio delle macchine ed anche dei carri. Questa flessione delle frazioni di rotaie tra i loro sostegni è minore nel mezzo che alle estremità, perchè le ruote della macchina e dei carri mantengono le porzioni di guide serrate fra due guancialetti consecutivi come un trave inserito per le sue estremità, il quale come è noto aumenta di molto la resistenza. Quando le commettiture delle rotaie sono incrocicchiate, ne risulta un moto di oscillazione, simile al barcollamento da' navigli, che si accumula nella massa delle vetture col mezzo delle molle, ed affatica i viaggiatori. Tuttavia non è ben certo ancora che questo effetto sia dovuto alla causa che gli si attribuisce, ed è una questione che richiede d' essere meglio studiata. Riconosciuta la causa, si perverrà facilmente senza dubbio a paralizzarla, combinando le masse e la posizione del centro di gravità in guisa che il moto periodico, sempre relativo a questi due elementi, non coincida colla vibrazione che lo produce. Questo effetto è analogo a quello che prova una persona che attraversa un fiume sopra una lunga trave; il

numero di vibrazioni che può fare la trave in un tempo dato è invariabilmente fissato dalle sue dimensioni. Se camminandovi sopra, si ha cura di distruggere ad ogni istante, con un moto contrario, il moto che gli si è impresso durante l'istante precedente, l'ampiezza di ciascuna oscillazione non oltrepasserà mai quella che corrisponde all'impulso ch'essa può ricevere per effetto d'un solo passo; ma accumulando ad ogni passo il moto, le oscillazioni finiranno coll'acquistare una ampiezza che permetterebbe difficilmente ad un uomo di tenervisi in equilibrio.

Quando i convogli sono animati da una grande velocità e che incontrano un ostacolo sulle rotaie, o provano un cangiamento di direzione, in seguito a qualche flessione permanente, accidentale, od anche cagionata dal loro proprio passaggio, essi percorrono delle parabole che sono indicate dalla direzione nella quale sono lanciati, combinata colla gravità; e la pressione che esercitano sulle rotaie aumenta o diminuisce secondochè si scostano o si ravvicinano a questa direzione. Ma siccome la superficie superiore delle rotaie non può mai essere perfettamente in linea retta, ne segue che l'attrito trovasi in parte sostituito da una serie quasi non interrotta di piccoli urti, che si succedono gli uni dagli altri.

Supponiamo che la velocità d'una macchina sia portata a 15 metri per secondo, e che passando su d'una porzione di rotaia AB (figura 10), essa l'abbia fatta piegare di due millimetri. Sia questa porzione di rotaia sostenuta da due guancialetti distanti di $0^m,90$. Il carro essendo pervenuto in X, a misura che si appresserà a B, la guida comincierà a rialzarsi, ed il carro percorrerà XB con una pendenza ascendente di 0,002 per $0^m,45$, ossia 1/225. Giunto in B, continuerà il suo cammino nella direzione Y abbandonando la rotaia BX. Ma la gravità tendendo a ricondurvelo, vi ricadrà in un punto di cui si potrà determinare la distanza di B, osservando che affinchè questa condizione sia adempiuta, fa d'uopo che mentre il carro ha percorso BT, la gravità gli abbia fatto percorrere VT eguale a $\frac{1}{225}$ di BT. Avremo allora per determinare BT, ripigliando l'equazione del tempo, $e = 5t$, e osservando che la velocità del convoglio da B in T essendo di 15 metri per secondo, il carro in pari tempo che percorre BT, deve cadere da V in T:

$$BT = 15t, \quad \frac{1}{225}\, BT = 5t,^2$$

sostituendo invece di BT il suo valore $15t$, si ha

$$\frac{15t}{225} = 5t^m, \quad t = \frac{1}{75} = 0{,}0133 \text{ di secondo.}$$

Si vede difatti che in $\frac{1}{75}$ di secondo, il carro avrà percorso uno spazio BT di $\frac{15}{75} = 0^m,20$, e che lo spazio V eguale a $\frac{0,20}{225} = 0^m,000888$, richiederà per essere percorso dal carro, in virtù della gravità, un tempo espresso da $e = 5t^2$; $0^m,000888 = 5t^2$; $t = 0,0133 = \frac{1}{75}$ di secondo.

La sua caduta cagionerà sulla rotaia una flessione che aumenterà indefinitamente l'effetto, se vi ha isocronismo, vale a dire se le cadute successive della macchina corrispondono all'intervallo che separa i guancialetti, ossia alla lunghezza di ciascuna porzione di rotaia sostenuta fra due guancialetti.

Questo effetto può altresì influire sul moto oscillatorio delle strade-ferrate a gran velocità.

Quando la macchina per la sua caduta nel punto T più o meno lontano da B ha fatto ancora piegare la guida BD di una quantità eguale $0^m,002$, essa deve, risalendo la pendenza da T in D eguale a $\frac{1}{225}$, esercitare sulla parte TD della rotaia un eccesso di pressione relativo alla sua velocità. Per calcolare questa pressione, osserveremo che una freccia di $0^m,002$ sopra $0^m,90$ rappresenta una curva il cui raggio è espresso da

$$\text{rag.} = \frac{0{,}45^2}{0{,}002 \times 2} = 50 \text{ metri.}$$

Essendo la velocità di 5 metri per secondo, occorrerà alla macchina per percorrere la metà dello spazio B D

$$\frac{0{,}45}{15} = 0'{,}03\,;$$

ma la gravità avrebbe fatto percorrere ad un corpo per questo tempo alla superficie della terra uno spazio rappresentato da

$$(1) \ldots e = 5\,t^2, e = 5\,(0'',03) = 0^m,0045.$$

E siccome l'eccesso di resistenza che risulta dal piano inclinato formato dalla mezza lunghezza della rotaia la cui freccia $= 0^m,002$ è misurato dal rapporto di queste due quantità, l'attrito e la resistenza su questo punto sarebbero stati aumentati di

$$\frac{0{,}002}{0{,}0045} = \frac{1}{2{,}25} = 0{,}444$$

della resistenza esercitata dalla macchina sopra una linea orizzontale.

XI. L'ultima dalle cause citate come accrescenti la resistenza dei carri, è l'imperfezione dell'untura. Questa è una delle meno studiate, ed è una di quelle più meritevoli d'esserlo maggiormente. Non intendesi qui parlare soltanto della natura e della qualità delle diverse sostanze che si adoperano nell'untura; ma soprattutto dei casi in cui questa untura non si fa, o per dimenticanza da parte dell'operaio che ne è incaricato, o per effetto d'un disordine nelle scatole od altre macchine destinate a contenere i corpi grassi, per lo stato della temperatura che indurisce o solidifica gli olii ed i grassi, ossia infine per qualunque altra causa che impedisca a queste sostanze di adempiere all'ufficio pel quale vengono usate. Quando esse cessano d'introdursi fra le sale ed i cuscinetti, e che la velocità è alquanto considerabile, le sale non tardano a riscaldarsi, i cuscinetti perdono la pulitura, i due metalli si penetrano reciprocamente, e la resistenza dovuta all'attrito aumenta in fortissima proporzione. Una sola ruota in questo caso basta per fermare completamente un convoglio di venti carri che discendono per effetto della gravità sulla pendenza di 0,006 della strada-ferrata di Saint-Étienne fra Rive de Gier e Givors; locchè pone, in pochissimo tempo, fuori di servizio le sale ed i cuscinetti soggetti ad un tale attrito.

Si vede che il complesso delle cause contribuenti ad aumentare la resistenza dei carri dipende da una moltitudine di considerazioni minuziose, di cui parte dipendono da circostanze che sono sempre le stesse in date condizioni, e parte sono relative all'esatta sorveglianza che si esercita affinchè nessuna negligenza, osti alla esecuzione del servizio. Non sarebbe possibile di far uso d'una macchina delicata e di tutta la precisione, se essa

vanisse abbandonata alle grossolane cure colle quali sono dirette la maggior parte delle arti e professioni comuni, e se non vi si mettessero maggiori precauzioni di quelle usate, per esempio, dai vetturali nel servirsi dei veicoli fabbricati dai nostri carrozzai.

Per ottenere dagli operai queste cure continue, quest' attenzione intelligente, fa di mestieri il cambiare i costumi e le abitudini di quelle genti di cui si è obbligati a servirsi. A questo difficile assunto devono dunque applicarsi coloro che arrecano un' industria di questo genere in luoghi ove dapprima era ignota. Fa di mestieri eziandio che i primi abbiano fatto una pratica perfetta, minuziosa di tutte le parti del servigio, perchè vegliando essi medesimi all'esatto adempimento di tutte le particolarità dell' esercizio, possano assicurarne la prosperità.

Perforamento delle montagne.
Pozzi — Gallerie.

Pochi anni fa era così piccolo il numero dei sotterranei praticati a traverso delle montagne per il passaggio dei canali e delle strade, che venivano citati come una specie di meraviglia; ma dopo che si è manifestata la necessità di tracciare le strade-ferrate sia col seguire una linea retta, sia collo sviluppare delle curve di un immenso raggio, gl' ingegneri hanno dovuto abituarsi a considerare il perforamento di una montagna come uno dei casi più ordinarii che si presentino all' arte.

Quando i perforamenti hanno una certa lunghezza, egli è indispensabile di aprire dei pozzi nella loro direzione per accelerare l' apertura delle gallerie. Basta del resto il dare a questi pozzi quel tanto di solidità che valga a resistere alla presunta durata dei lavori, e le dimensioni strettamente necessarie perchè gli operai possano discendere e risalire, trasportare le terre e introdurvi il legname e tutti gli altri materiali necessarii.

Quando il terreno è solido, e che la profondità sia poco considerevole, p. e. di 20 a 30 metri, e che la durata dei lavori non debba eccedere un anno o due, possono esser sufficienti ad un pozzo due soli metri di diametro. La spesa per iscavarlo o perforarlo, è relativa alla profondità che si vuol dargli ed alla quantità d' acqua che scaturisce dal terreno. Quando questa quantità non oltrepassa i due ettolitri all'ora, un pozzo, a 30 metri di profondità, scavato negli schisti, i *gres* od altri terreni che ricoprono le torbe, importa, tutto compreso, all' incirca 60 franchi il metro corrente. Ma queste specie di terreni sono spesso soggette a sfaldarsi all' aria ed hanno bisogno di essere sostenuti, sia col mezzo di armature, sia con un rivestimento di pietra, il cui prezzo non è compreso nel calcolo precedente. Questa spesa non può mai preventivarsi con sicurezza, e resta d' ordinario a carico di chi assume l' impresa.

A misura che i minatori discendono, essi collocano di tratto in tratto, e secondo la natura del terreno, dei pezzi riquadrati di legno dai 15 ai 20 centimetri di lato, la cui cima insinuano nei fori praticati alla superficie dei pozzi, e li tagliano poscia in modo che riescano allineati nel senso orizzontale. Adoperasi a questo uopo di preferenza legname di pino o di quercia. Tali pezzi servendo di barbacani, contengono il terreno e gl' impediscono dall' ostruire il vuoto. — Il collocamento di tutto questo legname entra ordinariamente nel prezzo pattuito coll' imprenditore, perchè si stabilisce una specie di compensazione fra le roccie dure che domandano pochi presidii, e le

roccie tenere che si tagliano senza molto sforzo, ma che domandano di essere sostenute con molto materiale.

Quando il presidio è fatto con diligenza, e che il terreno non minacci di smottarsi, possono bastare i pozzi così rivestiti, e si ha un risparmio nella muratura; ma non bisogna che la durata dei lavori ecceda i due o tre anni in causa delle riparazioni continue di cui abbisognerebbero.

Qualora i pozzi non oltrepassino i 20 o 30 metri, si può far senza di meccanismi per far salire i materiali; e come è sempre necessario che vi sia taluno a cielo aperto, vale a dire sull' orlo esteriore del pozzo per comunicare coi minatori dell' interno, si pianta un argano a braccia, per via del quale l' operaio collocato all'esterno, aiutato da un secondo, fuogendo le veci di molti uomini, innalza i materiali che provengono dallo scavo, e fa discender nei pozzi tuttociò di cui si abbisogna.

Se la profondità dei pozzi è considerevole, e dov' essi sieno destinati ad un servizio attivo di lunga durata, è d'uopo portare la dimensione del diametro loro ai met. 2,30.

Lo scavo di un pozzo cosifatto sopra una profondità di 80 metri, tutto compreso, costa 75 franchi al metro corrente.

Egli è allora assolutamente necessario di stabilire una baracca coperta di tavole, con una capanna per contenere gli operai, che il più delle volte rimontano tutti bagnati, e hanno d' uopo di trovarvi un buon fuoco per non restare, durante il verno, intirizziti dal freddo.

Una baracca di 15 a 20 metri di diametro costa da 2 a 3000 franchi, secondo il valore del legname. Quando i lavori sono in piena attività, e che il perforamento succede lontano dall' abitato, è d' uopo stabilirvi una stalla, una fucina ed un piccolo alloggio per un sorvegliante. Durante lo scavo basta la forza di un cavallo a supplire al bisogno; ma come d' ordinario il lavoro non s' interrompe, e che i minatori si cambiano di 8 in 8 ore, così è necessario di averne due che facciano alternativamente il servizio.

I tamburi sopra i quali s'accavalcano le corde hanno ordinariamente due o tre metri di diametro, e bracci di leva di cinque ai sei metri; di maniera che lo stesso cavallo moltiplicato per il rapporto del braccio di leva equivale sempre dai due ai 300 chil., per quanto cattivo sia l'animale. Ciò è quanto basta per trasportare la piccola quantità dei materiali che fornisce il pozzo, quando l'acqua non sia in eccesso. Le corde sono ravvolte al tamburo e passano sopra poleggie verticali collocate superiormente al pozzo, in modo che restino sempre due o tre giri, il cui attrito è abbastanza forte per impedire lo sdrucciolamento. Il cavallo cangia alternativamente di direzione per far salire e discendere la stessa coffa. Questi animali si abituano prestissimo per istinto a conoscere tutti i mutamenti del servizio che devono fare; e non tardano guari ad arrestarsi, senza che ciò sia loro comandato, quando la coffa sia arrivata precisamente all' altezza necessaria per esser caricata o scaricata. Obbediscono anche d' ordinario al grido dell' operaio che sta in fondo del pozzo.

La grande abitudine che contraggono gli operai di discendere e di rimontare sotto al più piccolo pretesto, finisce col renderli estremamente imprudenti, ed è certo in fatti che se il cavallo girandosi accadesse che si staccasse, o che uno sconcerto qualunque permettesse alla coffa carica di discendere pel suo proprio peso, tutti gli uomini che si trovassero in quel momento nel pozzo correrebbero il più gran pericolo.

Onde prevenire questo accidente, attaccasi per solito al braccio di leva una

catena di ferro, a un capo alla quale è impiombata una pietra del peso di 100 a 150 chilogr. il cui strascinamento sul terreno serve di moderatore alla grande accelerazione della discesa.

Avviene talvolta che i pozzi subiscono in alcuna parte delle inflessioni che alterano la loro linea verticale, lo che è di un grave imbarazzo, interrompe il servizio, e finisce qualche volta col renderlo impossibile. Si è allore forzati di abbandonarlo. Questi accidenti sono causati ordinariamente dai movimenti dei terreni carboniferi fino da un' immensa distanze dal punto del lavoro. Allora ciò che forse è da fare di meglio, è di scavare un altro pozzo.

Del resto, quando si manifesta qualche movimento che altera l' equilibrio generale dei terreni, non bisogna lasciarsi spaventare dal pensiero che questo movimento sia continuo e invincibile. Lo spostamento delle grandi masse operasi sempre con una grande lentezza, e basta un poco di abitudine per prevederne il progresso, e per calcolare con una esattezza veramente sorprendente il tempo di cui si può disporre per applicarvi un rimedio. Allora con qualche sangue freddo e del coraggio si troverà quasi sempre il mezzo di salvare dei lavori, di cui si sarebbe tentati a primo tratto di considerare la prosecuzione come disperata.

Non è d'ordinario conveniente usare dei pozzi per aprire gallerie di poca estensione, sopra tutto allorchè trattisi di attraversare la cresta di una collina i cui versanti sieno molto inclinati, e quando i pozzi dovrebbero avere una profondità eguale al terzo od al quarto delle lunghezza delle gallerie. Vale meglio limitarsi allora ad intraprendere il lavoro alle due estremità, applicandovi tutta l' attività possibile: tale un mezzo offrendo più di prontezza, di facilità e di economia pe-

gli sterramenti e il trasporto sopra terra delle materie. Ciò nulla meno quando vi si è forzati, e che bisogne rimuovere della gran messe di terra o di roccia, prima di entrare nelle gallerie bisogna ricorrere ai pozzi, onde poter praticare lo sterramento sopra un maggior numero di punti. Tuttociò diventa un problema di tempo e di denaro, che l' ingegnere deve risolvere dietro alle condizioni in cui trovasi.

Il momento in cui giova di entrare in perforamenti, vale a dire il punto in cui gli sterramenti diverrebbero più costosi che non la spesa di una galleria, è relativo alla natura del terreno; questa è una stima da farsi a parte per ogni caso particolare. Se il punto in cui devesi trovare l' ingresso di un sotterraneo è ingombrato da terre di cui si abbia avuto le cura di predisporne l' uso per altri interrimenti, prolungasi qualche volta la trincea fino a che la fronte presenti un' altezza di 20, o 25 metri, lo che rappresenta un cubo di 5 a 600 metri per metro corrente, e una spesa ordinariamente più considerevole di quella che domanderebbe una galleria della medesima estensione.

Vi sono delle terre forti e argillose che compresse e indurite dal peso degli strati ch' esse sopportano, si prestano molto bene ad essere parforate; la più grande difficoltà sta allora nel tagliare le parte anteriore abbastanza e picco per cominciare a impostare i primi archi delle vòlte senza provocare scoscendimenti. A questo effetto è d'uopo, una volta stabilito l' ingresso, di costruire due muri od ale, che si prolungano il più che si può nel terreno a mezzo di due piccole gallarie laterali. Dopo che si è arrivati a una distanza dove l' altezza del terreno sia eguale a quella delle vòlte, si si affretta di praticare uno scavo di alcuni metri, e si gettano rapidamente alcuni archi fatti di pietra,

esattamente tagliati e congiunti insieme. Questo lavoro deve esser spicciato sollecitamente. Subito dopo si rincalza da tutte parti il terreno contro la vòlta con murature di rottami; e si può quindi continuare il lavoro con la speranza di non esserne impediti da altri accidenti.

Per poco che il perforamento sia largo, si fa avanzare la muratura dei piedritti col mezzo di piccole galleria, e sgombrasi il terreno a misura che si applicanu le chiavi di ogni intervallo di 2, 3 e anche 4 metri, intrapreso ad un solo tratto.

Nei terreni più ingrati, quando le terre sono umide, vanose, colanti, le difficoltà aumentano a dismisura. Il falegoame non poù allora abbandonare un solo istante il minatore, perchè ad ogni colpo di picco bisogna sostenere la parti con pezzi di legno. Non sì tosto lo scavo è sufficientemente esteso, si si affretta di erigere le muratore definitive destinate a contenere il terreno. Le terre, qualura non siano sdrucciolevoli, lasciano correre qualche intervallo prima di mettersi in movimento; il più piccolo sforzo basta allora per contenere delle masse enormi. Si approfitta di questo momento, ma bisogna molto affrettarsi per non permetter loro di cominciare a scoscendere.

A questo effetto, s' intraprende il lavoro a piccole partite, esercitando una rigorosa sorveglianza affinchè sopra tutti i punti l' intervallo che può esistere fra il terreno e la muratura sia esattamente riconosciuto.

È necessario inoltre di rinforzare da tutte parti l' interno delle gallerie non sì tosto ch'elle sono sgomberate, per via di pezzi di legno di traverso in tutta la lunghezza del perforamento, poichè il più piccolo movimento produce delle fenditure che permettono l' infiltrazione dell' acqua, e mettono il lavoro in pericolo.

Quando le perforazioni devono praticarsi nella sabbia, si procede d'una maniera diversa.

La sabbia asciutta e scorrevole non incontrasi quasi mai nel principiare le perforazioni; ed è anche raro che dopo la superficie del suolo, la vegetazione ed un poco d' umidità non le dieno abbastanza di consisteuza perchè non si possa aprirvi delle piccole trincee e passarvi qualche arco di pietra. Ma quando si è pervenuti agli strati guarentiti da ogni umidità da banchi di pudinga, il più piccolo intervallo fra le armature di legname basta a determinare un trascorrimento di sabbia. — Questa circostanza ha messo più di una volta il lavoro in pericolo. Tuttavia a Lione, nel perforamento della Mulatière presso alla città, un abile minatore condusse l' operazione a buon termine con altrettanto coraggio quanta intelligenza ed attività.

Egli adoperò a quest'uopo una specie di scudo di legno, analogo a quello immaginato dall' ingeg. Brunel nel tunnel sotto al Tamigi. Tale apparecchio era composto di quadri mobili di met. 1,50 di altezza sopra met. 0,60 di larghezza esattamente uniti fra loro da tutti i lati. Cadauno d' essi applicavasi contro le diverse parti del terreno che doveva rimuoversi. Davanti allo scudo egli stabilì, nel senso longitudinale del perforamento, due lunghi e forti pezzi di legno sostenuti da traverse obbligate alle faccie esteriori della muratura formante il rivestimento della perforazione ultimata. Questi pezzi di legno servivano di punto d' appoggio ad alcune freccie che s' irradiavano da tutte parti per puntellare i quadri. Una volta, riusciti a fermare una porzione della vòlta si sbarazzavano le travi longitudinali da tutto il legname che erano destinate a sostenere, facendo far loro un movimento in avanti, eguale alla

lunghezza della parte del lavoro che era stata eseguita. Questo modo di procedere permise di far avanzare lo scudo per quei tanto che durò la difficoltà. Ebbesi la cura di rafforzare ognuno dei compartimenti contro il sistema dell' armadura che occupava tutto l' interno del foro, non lasciando che l'intervallo strettamente necessario perchè i lavoratori potessero insinuarvisi di traverso, trasportare gli sterramenti, e recarvi i legni ed i materiali necessarii al lavoro.

Puntelli, piedritti, traverse, ecc., furono distribuiti a profusione e con intelligenza, e diretti contro tutte le parti dove si dubitava di qualche movimento del terreno.

I perforamenti negli schisti torbosi, che celano anche a grandi distanze opere antiche, presentano dei pari molti pericoli. Tali lavori sono spessissimo sfiancati dai movimenti che fa il terreno screpolato e inzuppato d' acqua.

Gli schisti in generale presentano il grave inconveniente di sfaldarsi all' aria, e fa d'uopo praticare un rivestimento, ed erigere delle vôlte non appena una campata di 3 o 4 metri al più sia terminata. Ove il terreno abbia potuto essere contenuto di guisa da non permettere alcun movimento durante il tempo dello scavo, e che sia stata fatta la muratura prima che siasi manifestato alcun accidente, in maniera che i due o tre metri incominciati possano compiersi a capo di otto o dieci giorni, si può presumere che la galleria sarà poco esposta a deformarsi; ma per questo bisogna assolutamente ch'essa sia appoggiata da tutte le parti contro la roccia: condizione che non si ottiene che a gran stento, dove si manifesti il più piccolo scoscendimento nelle sommità della vôlta, durante lo scavo.

Le frane che partono dalla sommità presentano i più grandi pericoli, e non si saprebbe impiegare abbastanza di cure per ben sostenere il terreno. Una volta che le roccie si sieno messe in movimento, per l'effetto d'una scossa, le commettiture tendono ad aprirsi, il legname si schiaccia; e quando si percorre in silenzio le gallerie, sentesi ad ogni istante uno scricchiolio, e si è obbligati a delle nuove scavazioni, che favoriscono e determinano alla loro volta dei nuovi accidenti. È cosa essenziale in circostanze critiche adoperare materiali scelti, di una grande durata, e di ridurre il lavoro fra i più stretti limiti, incominciandolo a poco per volta, e terminandolo prontamente.

È difficile nei terreni che si muovono evitare gli scoscendimenti alla sommità; ne succedono sovente in onta alle armadure, e lasciano dei vuoti che non è possibile otturare colla muratura. Quando più tardi credesi la vôlta consolidata e si troncano o si levano i puntelli delle pareti, quelle si piegano dal lato dove trovano meno di resistenza, e cedono fino a tanto che trovano un appoggio che permetta loro di stabilirsi in un nuovo stato di equilibrio. Ma se gli accidenti sono a temersi mentre i lavori hanno messo da tutte parti il terreno in movimento, le riparazioni non presentano assolutamente nessun pericolo. A capo di alcuni anni, la coesione degli smalti permette di levare impunemente alcuni pezzi di muratura, di troncare, di tagliare la roccia, e di continuare il rivestimento.

I lavori delle miue, quando si praticano ad una grande profondità sotto ai perforamenti, sono egualmente soggetti a produrre dei movimenti che tendono a deformarli, senza tuttavolta causare nè soluzione di continuità nè rottura nei muramenti. La piegatura succede con lentezza e regolarmente.

Le gallerie che attraversano i fabbricati o che passano a una piccola distanza

sotto le abitazioni domandano una diversa maniera di precauzioni di quelle che abbiamo indicato. Ma come queste entrano nel dominio dei lavori ordinarii, e che trattasi semplicemente di sotto-passanti, non ci arresteremo a descrivere processi già noti e per noi stessi indicati in articoli speciali.

Si danno casi ove è impossibile assolutamente di dare una certa profondità alla trincea verso l'ingresso o l'uscita del perforamento, sia perchè ciò sconcerterebbe di troppo le adiacenze superiori, sia per qualunque altra causa. Ella diventa allora una necessità di entrare in galleria, tosto che le trincee abbiano ettinto l'altezza che corrisponde al vertice della vôlta. Quando presentasi questo caso, si principia il perforamento a cielo scoperto. A tal uopo si scavano due piccole trincee corrispondenti ai piedritti della vôlta, e si mantengono con delle piccole armature come nelle fondazioni ordinarie. Giunti all'origine delle vôlta, levasi prontamente il terreno di mezzo, si sostituiscono i piccoli puntelli con legni di tutta la larghezza del perforamento, tagliasi il terreno secondo la forma di un arco, affinchè faccia l'ufficio di centinature, e tosto fatta la muratura, la si ricopre col terreno messo provvisoriamente in deposito sui fianchi od in ischiena della trincea.

Questo processo ha l'inconveniente di non poter essere praticato che nella bella stagione, mentre durante le pioggie e le gelate, le trincee arrischierebbero di scoscendere, occasionando gravi accidenti agli uomini ed ai lavori. Devesi anche badar bene, quando si approssima il tempo delle grandi pioggie o del gelo, di non mettere in trincea più di quel tratto dove possa essere ultimato il perforamento.

Giova qualche volta di praticare prima dei lavori, una piccola galleria di ricognizione, che serve per asciugare il terreno, per mettere i pozzi in comunicazione, per dare dell'aria agli operai e per assicurarsi della direzione.

Questo metodo ha i suoi avvantaggi e i suoi inconvenienti. Se il terreno è troppo mobile, questa piccola galleria contribuisce a sfiancarlo, ed aumenta le probabilità degli accidenti; le cure che si è obbligati di prestarvi imbarazzano a complicano il servizio generale; finalmente, se esso è situato abbasso è difficile liberarsi dall'acqua che vi affluisce da tutte la parti del lavoro. Le acque che colano dalle gallerie superiori dei pozzi cadono naturalmente nello smaltitoio; ma quelle inferiori essendo dirette dalla pendenza del terreno in una direzione opposta, tendono a inondare il fondo della galleria inferiore.

Quando la pendenza della strada-ferrata è assai piccola, basta scavare un canale che abbia, presso lo smaltitoio, una profondità che permetta lo scolo dell'acqua dal punto dove lo si deve mettere in comunicazione con la parte superiore dei lavori più vicini; ma se la pendenza è considerevole, che le gallerie sieno destinate ad avere una grande lunghezza, si può dubitare che la troppo grande profondità che bisognerebbe dare a questo canale non disponga il terreno a fare dei movimenti, i quali comunicandosi alle parti adiacenti e prossime potrebbero indurre la deformazione dei piedritti della muratura, e mandare a male i lavori. È d'uopo allora collocare sopra uno dei lati della galleria una doccia di tavole avente una pendenza in senso contrario a quella del perforamento: questa doccia riceve l'acqua che i minatori vuotano con delle secchie. Se la quantità di quella che fornisce la galleria lo domanda, vi si assegnano degli operai unicamente occupati

a gettarla in questo canale, che la dirige nello smaltitoio.

All' origine delle pendenze, in seguito alle grandi trincee superiori, si è ordinariamente molto inquietati dalle acque, imperciocchè esse abbondano tanto più quanto si è più prossimi alla superficie, e si è allora forzati d'estrarle colle trombe o con altri mezzi.

Si può in due anni, qualora non sopravvengano gravi accidenti, aprire per ogni pozzo due gallerie, l'una superiore, l'altra inferiore, cadauna di 200 metri, in tutto 400 metri; ma val meglio frapporre minore distanza fra i pozzi. La troppa lunghezza nelle gallerie rende il servizio difficile e favorisce la formazione o lo sviluppo dei gas deleterii, che viziano l'aria, o producono, infiammandosi, delle esplosioni che compromettono la sicurezza ed anche la vita degli operai.

Quando i lavori sono bene organizzati, che il terreno è stato bene studiato, qualora si abbiano degli operai intelligenti e che conoscano bene il loro lavoro, si possono fare fino a 10 metri correnti di galleria al mese; ma non si può contare con qualche sicurezza più che sopra 5 metri: lo che suppone, in via media, 120 metri correnti di perforamento all'anno, e per ogni pozzo. Concorre sempre in fatti una moltitudine di piccole cause di ritardo, che si possono chiamare accidenti, e che si spera di evitare in appresso, ma che sono in realtà inerenti alla natura del lavoro.

Le opere di perforamento non interrompendosi mai, non è facile il poter rinvenire il numero sufficiente di sorveglianti forniti della opportuna prudenza ed abilità, per quindi sperare di trovarne uno per ogni pozzo. Gl' impiegati superiori non potendo visitare i recinti che discendendo nei pozzi, e penetrando in mezzo agl'ingombri, alle armature, ec., ove la loro vita corre sempre un certo pericolo, riducono allo stretto necessario la frequenza delle loro visite. Allorchè arrivano, i loro occhi sorpresi per la subita transizione dal pieno giorno all' oscurità, non permettono loro di distinguere chiaramente gli oggetti che dopo un certo tempo. Le precauzioni che devono prendere per la propria sicurezza personale, fissa principalmente la loro attenzione; eglino sentono in generale troppo presto il bisogno di ritirarsi, per voler spendere molto tempo nell' esame minuzioso di tutti i dettagli.

Gli operai si trovano dunque assai spesso abbandonati alla propria discrezione, e a meno che non cangino di natura, non si può presumere ch' eglino eviteranno la seconda volta gli errori nei qual caddero la prima.

Qualora arrivi qualche accidente straordinario che possa far supporre un ritardo nello stabilito compimento della perforazione, non bisogna esitare ad aprire altri pozzi nei punti giudicati i più favorevoli, sia per riparare all' accidente, sia per continuare le gallerie principiate, per tenere in asciutto i lavori, ec.

Gli operai hanno sempre una grande propensione a palliare la gravità degli accidenti, facendo sperare che non avranno conseguenze, o non saranno di lunga durata; dal che ne risulta spesso che si neglige di prendere al momento opportuno quelle disposizioni che più tardi tornano inutili.

Abbisognano da 3 a 6 mesi, ed occorre una spesa di 6 a 12000 franchi per iscavare ed ultimare un pozzo di 60 ad 80 metr. Siccome i primi metri costano sempre meno degli altri successivi, così non vi è alternativa fra l' esporsi ad un ritardo pernicioso, e l'azzardare delle piccole somme. Egli è dunque saggio consiglio, al primo manifestarsi di un grave

pericolo, quello di cominciare ad aprire dei nuovi pozzi.

Quando l'aria viene a mancare nelle gallerie, od anche scavando i pozzi, si è obbligati di provvedervi d'una maniera artificiale. Il miglior mezzo di tutti è quello di mettere in comunicazione due punti dell'interno con l'aria aperta; si è sicuri allora che si stabilirà, qualunque sia l'estensione delle gallerie, una corrente, che si potrà dirigere a proprio talento. Qualora ciò non si possa fare, si collocano sopra uno dei lati del pozzo alcune specie di guaine, o sifoni, fatte di tavole, disposte in maniera che non impediscano il servizio dei trasporti. Si mettono in comunicazione con delle casse di legno di met. 0,25 a 0,30 di lato, fatte di quattro tavole che s' insinuano esattamente le une nelle altre, e si prolungano fino ai punti dove l' aria è viziata; si determina in seguito un' aspirazione artificiale per via di gran mantici, o d' un ventilatore a forza centrifuga, mosso secondo il bisogno da uomini, o da cavalli; o più semplicemente si si vale della guaina per alimentare un fornello elevato che determina una forte aspirazione. Quest' ultimo mezzo è quasi sempre usato nei paesi delle miniere dove si calcola nulla il valore del combustibile consumato.

Il signor Seguin opina che si potrebbe anche usare della trivella gallica per aprire dei fori, come si pratica pei pozzi artesiani, ma questa operazione dispendiosa non sarebbe forse sempre sicura.

I pozzi devono, in generale, essere tanto più prossimi gli uni agli altri quanto vi ha meno di tempo per aprire le gallerie, quanto la sua profondità sotto al suolo è maggiore, e il terreno presenta più di difficoltà.

La durezza delle roccie cresce, secondo il sig., Sganzin, come il cubo del loro peso specifico, ed esse sono generalmente tanto più solide e più compatte, quanto più avanti si penetra nelle viscere della terra; ma questa regola non è senza eccezione, ed i terreni carboniferi offrono frequentemente degli esempii in contrario.

Le perforazioni nelle roccie dure non presentano alcuna difficoltà, e la loro apertura è una semplice questione di tempo. Si stabiliscono sempre due compagnie, l'una al di sotto dell'altra, composta caduna di quattro o sei minatori, ed anche di più. La prima, che i Francesi chiamano l' *avancée*, precede sempre di 5 a 6 metri la seconda, cui vien dato il nome di *reprise* o *strauss*. Si può fare così da 10 a 15 metri di galleria al mese, ed il prezzo, quando non ci siano pozzi, varia dai 7 ai 10 franchi per metro cubo, nei graniti ordinarii.

Gli accidenti sono generalmente poco a temersi, e non hanno mai una certa gravità negli schisti e nei gres carboniferi. Essi non derivano che dagli strati che separano i banchi gli uni dagli altri, e che gli operai chiamano *vene* o *fili*. Quando la direzione di questi diversi strati fa presumere ch' essi debbano riunirsi in un solo punto nell' interno della roccia sopra la sommità del perforamento, può prevedersi che vi sarà scoscendimento da quella parte, e si devono togliere, o *purgare*, come dicono i minatori, le parti che minacciano, quali diconsi *campane* o *cappelli*. I minatori percuotendole col martello conoscono dal loro suono se esse sieno suscettibili a distaccarsi; e quando hanno acquistato una sufficiente esperienza, predicono con una esattezza sorprendente, ed un gran numero di giorni prima, l'epoca in cui si distaccheranno, e quando avrà luogo la frana.

Praticando i perforamenti, come nei lavori sotterranei in generale, gli operai

possono tutto ad un tratto trovarsi rinchiusi nel fondo delle gallerie in forza degli scoscendimenti, e dimorarvi esposti a perire, sia per mancanza d'aria o di nutrimento, sia per l'accumularsi delle acque, sopra tutto se sono desse, come avviene sovente, le cause del crollo. Non si saprebbe in queste disgraziate circostanze usare abbastanza di zelo, di attività, di perseveranza per liberare le sfortunate vittime d'una tale catastrofe. L'esperienza ha insegnato che non bisogna però mai perdersi di coraggio, e che spesso si arriva a liberarle, dopo avere considerato la loro salvezza quasi impossibile. La proprietà che hanno i corpi densi di trasmettere facilmente il suono, si presta a meraviglia a stabilire a grandi distanze delle comunicazioni che diventano ben presto una specie di linguaggio, mercè al quale si può assicurarsi almeno se i soccorsi arriveranno ancora in tempo utile, ed anche riconoscere la direzione e la più corta strada da prendersi per procacciarli.

Del resto, è finalmente uomini che si tratta di salvare, la voce dell'umanità parla abbastanza, ed ogni e qualunque raccomandazione sarebbe inutile.

Le gallerie hanno quasi sempre bisogno di esser rivestite di muro, che può esser fatto indistintamente di mattoni, di rottami, o di pietre da taglio. Per quanto dura sia la roccia, quando la si lascia a nudo, avvi sempre probabilità che se ne stacchi qualche frammento, il quale potrebbe colpire le persone che frequentano la strada.

Non vi è nè più nè meno ragione di dubitare di un tal accidente, di quello che ve ne sia di temere che una parte di roccia, staccandosi dalle scarpate di una trincea, scenda a rotolar sulla via; tuttavolta se se ne preoccupa molto di più. Siccome vi è sempre di fatto qualche parte che minaccia, e che la spesa di un rivestimento non è molto considerevole quando il terreno è solido, e che ciò rende le gallerie più proprie e più aggradevoli all'occhio, si ha il costume d'incrostarle per intiero. — Si comprende facilmente che in questo caso la muratura più leggiera può bastare allo scopo.

Della direzione nei perforamenti.

Allorchè abbiamo parlato del tracciato delle linee, non abbiamo potuto indicare i mezzi più acconci e più semplici per evitare gli errori di direzione nelle perforazioni. Prima di accostare questa questione era necessario di far conoscere la disposizione dei pozzi e delle gallerie, nell'interno delle quali devonsi eseguire queste operazioni. Le persone poco versate nella conoscenza delle questioni di geodesia, sono generalmente inclinate a riguardare come cosa difficile il riferire le direzioni della superficie a una grande profondità nell'interno della terra, e di cominciare sopra un gran numero di punti ad un tempo dei lavori che procedono gli uni e gli altri per incontrarsi, e la cui coincidenza deve essere perfetta. Ma coloro che hanno l'abitudine dei lavori sotterranei, non vedono altra differenza fra il tracciato di una linea interna e quello a cielo aperto che nella maggiore o minore quantità di tempo.

Ciò nulla meno siccome gli errori di direzione sono ben più difficili e più dispendiosi a correggersi nel primo caso, e che è impossibile che scappino all'occhio meno esercitato, sopra tutto quando sono in linea retta, mentre si può facilmente farli sparire, appena veduti a cielo scoperto, così è cosa prudente ed opportuna affidare questa parte del tracciato ad impiegati diligenti ed esperti in tuttociò che concerne la condotta dei lavori sotterranei.

Il tracciato delle perforazioni deve stabilirsi alla superficie con più di cure che quello del resto della linea. Si collocano dei segnali di distanza in distanza, in posizioni ben determinate e al sicuro da ogni variazione. Dove si dubiti che il terreno possa fare qualcha movimento per l' effetto delle scavazioni sotterranee dipendenti dall' opera delle mine, o per qualunque altra causa, bisogna fare e rifare sovente tutte le operazioni in forza delle quali si possa arrivare a riconoscerle tosto.

Quando la direzione è bene stabilita all' esterno, la si trasporta, mediante i pozzi, nell' interno, col mezzo di fili a piombo, e si ricomincia nella galleria un' operazione analoga a quella che si è praticata al di fuori. Egli è bene per questo effetto di servirsi di fili metallici, mentre essi possono sostenere, con un diametro più piccolo, dei pesi più considerevoli. Si preferiscono ordinariamente quelli di rame, per evitare l' ossidazione e l' influenza del magnetismo terrestre.

Si annaspano sopra un piccolo arganello fermato sopra un pezzo di legno posto al di sopra della linea verticale del pozzo, in un punto dove sia facile di prendere un allineamento lontano; si attaccano all' estremità di questi fili dei pesi di piombo di uno o due chilogrammi, equivalenti al terzo od al quarto di quello che può sopportare il filo; e dopo essersi assicurati ocularmente che i due fili sieno esattamente nella direzione della linea o della tangente della curva, dietro la quale deve esser tracciato il perforamento, si svolgono gli arganelli e s' immergono i piombi in alcune secchie di legno ricolme d' acqua.

Se il pozzo è forato sulla sommità della vôlta e nell' asse del perforamento, si stabiliscono le direzioni nell' interno per mezzo di lampade, il cui stoppino è piccolo e rotondo, e si collocano, nelle parti superiori della vôlta le più sicure, degli uncinetti di ferro cui si sospendono dei piombini che servono di guida ai minatori per conservare la loro direzione.

Quando il pozzo è laterale al perforamento, l' operazione si complica per la necessità di cangiare due volte di direzione nell' interno della galleria.

S' immergono i piombini nell' acqua, affinch' essi pervengano più presto allo stato di riposo assoluto, trasmettendo a questo fluido tutto il movimento che lor si comunica mettendoli a posto, e per sottrarli alla influenza delle correnti d' aria, le quali, trattandosi di grandi lunghezze, determinano sempre un' oscillazione assai pronunciata. E bene anche, per rendere l' immobilità più completa, d' intercettare momentaneamente le comunicazioni fra le gallerie quando i lavori sono abbastanza avanzati, affinchè si possa fare il servizio in parecchi pozzi ad un tratto.

Insistiamo sulla necessità di verificare sovente queste operazioni, per quanta precauzione abbiasi usato per assicurarne la stabilità; poichè fu osservato che manifestasi qualche volta nel filo a piombo immerso nell' acqua una variazione sensibile, dovuta probabilmente a un effetto d' elettricità, di cui non sapremmo render conto. Si può del resto praticare la verificazione, e fino ad un certo punto con esattezza, mediante la bussola del minatore, determinando una media fra un gran numero di osservazioni. Ma tale processo non diede mai un risultamento così esatto quanto può darlo un' operazione grafica.

Costruzioni in pietra

Considerazioni generali.

Ci limiteremo per lavori di questo genere ad alcune considerazioni generali, mentre essi entrano nel dominio delle costruzioni ordinarie, e furono tema ad altri nostri articoli speciali. Supponiamo d'altronde, che tutti quelli a cui il nostro lavoro può tornare di qualche utilità, come, p. es., ingegneri ed abboccatori, non sieno ignari dell'arte delle costruzioni.

Le opere in pietra domandate da una strada di ferro sono per lo più soggette ad essere sopraccaricate di pesi prima ch'esse abbiano preso abbastanza di consistenza per resistere alla spinta delle terre. È d'uopo quindi studiare accuratamente le disposizioni più favorevoli per impedire che non vengano degradate prima di essersi consolidate.

Siccome l'apertura delle strade-ferrate importa ordinariamente grandi spostamenti e movimenti di pietre, torna qualche volta avvantaggioso, sopra tutto quando la calce sia ad un prezzo elevato, di costruire a pietre secche quei muramenti che possono esserne suscettibili. Le costruzioni fatte di questo modo hanno il vantaggio di offrire immediatamente tutta la resistenza che domanda l'uso al quale sono destinate. Ma d'altronde esse non guadagnano nulla dal tempo. È d'uopo dunque eseguirle con molta cura, ed impiegarvi a profusione i materiali a fine di metterle in grado di far fronte agli avvenimenti futuri; e non si dovrà quindi adottarle che qualora si possa disporre di una quantità di pietre di buona qualità, e di una tale cristallizzazione da non andar soggette a sdrucciolare le une sulle altre. Le sassaie inclinate a 45 gradi sulle rive dei fiumi ed anche delle rapide

riviere, resistono assai bene alle piene, e riescono perfettamente a guarentire gli argini dall'intacco delle acque. Si dà ad esse met. 0,50 a met. 0,60 di spessore secondo la dimensione delle pietre; ma è cosa essenziale di vegliare attentamente affinchè gli operai collochino sempre le pietre nel senso della loro lunghezza; ed è pur conveniente che le commettiture sieno sempre dirette normalmente alla faccia dello spalto, ovveramente inclinate di 45 gradi all'orizzonte. Alcune roccie, e principalmente gli schisti, si trovano spesso tagliati naturalmente in parallelepipedi, di cui una faccia presenta un angolo di 45°, ed un'altra di 135°. Gli operai sono tanto più disposti ad approfittare di questo accidente di cristallizzazione, per collocare orizzontalmente la faccia principale della pietra, in quanto l'altra si trova allora naturalmente nel senso dell'inclinazione delle sassaie. Gli schisti si decompongono qualche volta all'aria, e sono quasi sempre intonacati da una crosta argillosa, che facendo l'officio di una spalmatura saponacea, tende a farli sdrucciolare gli uni sugli altri; lo che si oppone alla solidità delle arginature, e li rende più proprii a costituire una buona muratura.

I rottami di granito presentano degli angoli frequenti e delle superficie scabre che permettono loro di ben collegarsi insieme: essi offrono adunque per questi lavori più di guarentigia e di solidità. D'altronde, questa roccia essendo ordinariamente bene disposta a lasciarsi tagliare secondo gli angoli della sua cristallizzazione, e a dividersi sotto ai colpi del martello in ischeggie ad angoli retti, si può adoperandola dare alla muratura una forma regolare e molta solidità. Quando le sassaie sono appoggiate alla roccia, è d'uopo cominciare con alcuni strati in ismalto; in caso contrario,

si supplisce con iscaglionatme, e secondo i sistemi adottati per le riviere.

Quando le condizioni del tracciato conducono la linea sopra punti lontani dall'abitato e privi delle comunicazioni che sarebbero necessarie per condurre i materiali, ne risultano grandi variazioni nel prezzo delle murature; e quindi l'ingegnere deve farsene un carico. Così pure se i muramenti devono essere subito assoggettati ad un peso, sarà bene di esuberare un poco nelle loro dimensioni, affinchè abbiamo il tempo di prendere la necessaria consistenza. La calce idraulica è allora molto opportuna, in causa della sua prontezza nell'ascingarsi; di maniera che non si deve esitare a preferirla alle calci grasse, anche con una grande differenza di prezzo, sopra tutto nelle murature destinate ai rivestimenti delle perforazioni; essa diventa poi indispensabile quando si abbia argomento di dubitare della solidità delle roccie.

Tutte queste precauzioni, non meno che quelle di procacciare alle acque dei numerosi e facili scoli con delle grondaie a traverso i muri, devono sopra tutto usarsi nell'entrar dell'inverno e nella stagione prossima alle pioggie.

Quando si dubita che le murature possano andar soggette a qualche movimento che valga a far loro perdere l'appiombo o la loro direzione primitiva, è cosa prudente di aumentarne la scarpa.

L'economia è ordinariamente uno dei scopi principali di qualunque intrapresa particolare, ed è ben raro il caso in cui non sia stato imposto un limite nelle spese. Dove si eccettui dunque questa circostanza, l'ingegnere deve farsi una legge di evitare nei suoi lavori ogni maniera di lusso. Egli deve prendere per regola, ed assumere per sua divisa queste due parole: *solidità* ed *economia*. Deve farsi distinguere per l'arditezza dei suoi concetti, per la bellezza delle forme, per la grazia delle disposizioni, per la eleganza delle masse, anzichè per la ricchezza dei dettagli e per il lusso degli ornamenti.

La determinazione del grado di solidità da darsi alle costruzioni e le precauzioni da prendersi per metterle al coperto dagli accidenti, domandano una perspicacia di spirito che è tanto più difficile ad acquistarsi, quanto essa è generalmente poco suscettibile di essere apprezzata. Essa richiede di prendere in considerazione il calcolo delle probabilità, combinato con quello delle annualità, due ordini d'idee troppo poco diffusi per isperare che il pubblico possa avervi riguardo nel pronunciare il suo giudizio. Ma egli è evidente che se occorresse, a mo' di esempio, dispendiare una somma doppia sopra l'intiera estesa di una linea, per dare a tutte le opere d'arte una solidità che fosse per metterle al sicuro da un avvenimento suscettibile, secondo l'ordine delle probabilità, di riprodursi ad ogni cinquant'anni, e le cui conseguenze, oltre la distruzione dei lavori, potrebbero condurre ad una perdita eguale alla somma dispendiata originariamente, varrebbe meglio correre l'eventualità della sorte che di lasciar infruttuoso un eccesso di capitale il cui interesse sarebbe superiore al riscatto del sinistro probabile.

ARMAMENTO DELLE FERROVIE.

Prescindendo dai movimenti di terra, intorno ai quali abbiamo sufficientemente discorso trattando delle strade ordinarie, passeremo adesso a parlare del materiale necessario alle ferrovie.

In una strada di ferro si applicano anzi a tutto sopra il terreno, opportunamente preparato, due barre o guide di ferro destinate a sopportare le ruote dei carri.

Tali guide distanno l'una dall'altra quanta è la larghezza dei carri, e soggiacciono ad esse alcuni cuscinetti di ghisa appoggiati e dadi di pietra, o veramente a traverse di legno incastrate nel terreno. Questi dadi o queste traverse sono anch' essi disposti ad una certa distanza gli uni dagli altri.

Le barre usate nelle ferrovie presero in Inghilterra il nome di *rails*, dal che nella pratica adoperasi la parola di *raili*, o meglio guide; così la parola *chairs* in inglese, *cousscinets* in francese, fu voltata italianamente in quella di *cuscinetti*; e i *blocs* in *dadi*.

In quanto ai carri, detti in inglese e in tedesco *vaggons*, furono alla stessa guisa tradotti per vaggoni.

Sarebbe un errore il pensare che tutto l'avvantaggio di una strada-ferrata consistesse semplicemente nella diminuzione dell'attrito che prova il quarto della ruota scorrendo sopra una superficie metallica, in luogo di muoversi sopra una superficie lastricata di pietre. L' avvantaggio della ferrovia dipende dall' esecuzione più o meno perfetta delle diverse parti che costituiscono l' insieme della sua costruzione. La direzione della linea propriamente detta, domanda delle cure particolari, come lo domanda la confezione dei veicoli, e la scelta dei motori che s'impiegano.

Esamineremo anzi a tutto i principii che la pratica ha consacrati per la confezione del materiale fisso e del materiale mobile delle strade-ferrate; passeremo in seguito a discorrere dei diversi motori che vi si possono applicare.

Materiali.

Il materiale stabile di una strada-ferrata componesi adunque, come abbiamo detto:

1.° Di barre di ghisa o di ferro, dette raili, o *guide*;

2.° Di sopporti che sostengono le barre o *cuscinetti* di ghisa;

3.° Di pezzi di pietra chiamati dadi, dove si fissano i detti sopporti. Tali dadi vengono oggidì sostituiti, quasi da per tutto, da traverse di legno che passano da una linea all'altra delle guide, attraversando la strada, e sopportano i due cuscinetti collocati di fronte sull' una e sull'altra linea.

Raili.

Il sistema di raili generalmente usato è quello designato in Inghilterra sotto il nome di *adge-rail* o *lista saliente;* le liste o guide sono di ghisa o di ferro laminato. Esse presentano una superficie piana alla ruota, che è munita di fianco di un labbro od orlo ripiegato. Le ruote di una stessa sala avendo cadauna quest'orlo ripiegato, si trovano obbligate fra le guide senza poter uscirne.

I raili di ghisa, figura 1 e 2 (Tavola CXLVIII delle *Arti mecc.*), hanno circa 1 metro di lunghezza, e portano alla estremità un piccolo sporgimento tagliato ad unghia, che permette di connetterli consecutivamente. Queste due guide, così applicate, appoggiano su d'un cuscinetto, i cui orli rialzati le abbracciano. Vi sono fissate con cavicchie di ferro attraversanti le guide stesse, e fermate agli orli esterni del cuscinetto.

I raili di ferro figure 3 e 4 (Tavola stessa) si connettono per solito estremità con estremità, e quadratamente. In generale son rattenuti nei cuscinetti da cunei di legno o di ferro, cacciati di fianco, in modo da serrare in una cavità, praticata nel cuscinetto, un orlo che offre la guida nella sua parte inferiore. I raili di ferro si distinguono dalle guide di ghisa per la loro lunghezza, che è 4^m 60. In Francia ne vennero fatte pure di cinque metri. Questa lunghezza riposa

sopra dadi che hanno fra loro l' intervallo di 91 centimetri, come nella strada-ferrata di Darlington in Inghilterra. Se havvi frequenza di trasporti, convien pure ridur questa distanza a 76 centimetri fra due dadi consecutivi, in guisa che la guida intera di $4^m 60$, trovasi appoggiata sopra sei dadi.

Questo sistema di lunghe guide, così collegate a sei cuscinetti e a sei dadi, offre un gran vantaggio per la solidità della via e per la conservazione dell' allineamento delle guide, che lo sforzo laterale dell' orlo ripiegato delle ruote tende di continuo a distruggere nel movimento del carro. Colle lunghe guide di ferro, questo sforzo laterale trovasi ripartito sopra sei dadi, mentre agisce puramente sopra uno solo col sistema dei raili di ghisa. Quindi in questo ultimo caso in cui il numero degli elementi di ciascuna linea di guide è sei volte più grande, l' azione della ruota è ben più potente per distruggere gli allineamenti.

Un altro vantaggio che deriva dai raili di ferro laminato sta in ciò: che questi generalmente pesano soltanto chilogr. 13 1/2 per metro, mentre ciascun metro di railo di ghisa pesa da 27 a 28 chilogr. Adottando i raili di ferro, offresi dunque una economia considerevole nella spesa primitiva. Questa singolare differenza di peso dipende dall' avere il ferro molto maggior forza di coesione che la ghisa, e può quindi resistere a un peso più notevole. L' esperienza dimostra che una barra di ghisa, sottoposta ad uno sforzo di tiro longitudinale, non può reggere ad un peso che oltrepassi 10 chilogr. per millim. quadrato, mentre la resistenza del ferro sotto una stessa sezione giunge mediamente a 40 chilogr.: ed il calcolo prova che due barre, l' una di ghisa, l' altra di ferro, poste sopra due sostegni e caricate di un certo peso, presentano lo stesso rapporto di resistenza. Da questo dato si può concludere che il peso della prima guida dev' essere pressochè doppio del peso della seconda. Difatti, ciò è quanto prova l' esperienza delle strade-ferrate costruite con l' una o con l' altra di queste materie, ed un fatto riconosciuto in pratica da una ventina di anni, vale più assai di un risultamento ottenuto col calcolo (1).

Per dare alcuni schiarimenti su questa questione, esaminiamo la forma che la pratica ha dimostrato meglio convenire alla sezione delle guide perchè offrano su tutti i loro punti una resistenza eguale all' incirca alla pressione dei vagoni che

(1) Denotiamo con l la distanza variabile del peso dal sostegno più vicino, con b la larghezza della guida, con d la sua grossezza; chiamiamo f la resistenza trasversale che il metallo di cui è formata può offrire per millimetro quadrato ad uno sforzo di tiro longitudinale. Finalmente, sia P il peso sostenuto dalla guida, si avrà la seguente equazione:

$$Pl = \frac{1}{3} f bd^2;$$

equazione che si può verificare nei trattati di meccanica applicata.

Ora se la guida è di ghisa, $f = 10$ chilogr., e per una guida di ferro $f = 40$ chilogr., restando il peso P costante, come pure la lunghezza compresa fra due sostegni, e la larghezza delle due guide, la quantità variabile da una guida all' altra, per uno stesso valore di l, sarà la grossezza d. Supponiamo che d sia la grossezza della guida di ghisa, d' quella della guida di ferro, si avrà:

$$10d^2 = 40d'^2,$$

ossia

$$d = 2d'.$$

Perciò, in un dato punto, la grossezza della guida di ghisa dovrà esser doppia della grossezza della guida di ferro, e siccome i pesi specifici del ferro e della ghisa sono rappresentati da 7,80 e 7,20, essendo 1 il peso dell' acqua, ne segue che il peso della guida di ghisa debba essere all' incirca doppio di quella di ferro.

appoggiano successivamente sulle diverse parti di esse.

La sezione delle guide di ferro o di ghisa (fig. 6, 7), offre nella sua parte superiore una superficie di 5 centimetri. Al di sotto essa ristringesi e si riduce alla larghezza necessaria, affinchè la resistenza del metallo adoperato faccia equilibrio alla pressione del peso che rotola sulla guida. Questa larghezza, maggiore nella parte superiore, non lo è senza motivo. Essa ha per iscopo d' impedire che la guida non iscavi i quarti della ruota e non li logori prontissimamente, ciocchè accadrebbe infallibilmente se la superficie, come il resto del corpo della guida, fosse ridotta a 12 o 15 millimetri di larghezza. D'altra parte, si comprende che affinchè la guida presenti una resistenza uguale sulla lunghezza compresa fra due sostegni, è d' uopo ch' essa sia più grossa in mezzo che alle sue estremità sostenute da dadi di pietra, e perciò la sua grossezza verticale deve decrescere a poco a poco dal punto di mezzo fino ai dadi, in modo che il di sotto della guida presenti la forma di una curva. Il calcolo indica che questa curva è una parabola (1), e tale pure è la forma che si dà alle guide gettate in ghisa, come si può verificarlo dalla figura 1.

In quanto alle guide di ferro, la questione non è identica a quella testè esaminata; perchè qui più non si tratta d' una guida sola, posta sopra due sostegni. Le guide di ferro hanno, come abbiam detto, una lunghezza quasi quintupla delle guide di ghisa, e le loro sei porzioni comprese fra due dadi essendo solidamente serrate contro questi dadi, mediante cunei di legno o di ferro, formano un insieme rigido, ciascuna parte del quale contribuisce alla resistenza totale presentata dalla guida al peso che passa sopra una sola di queste parti. Questo risultamento è tanto più evidente in quanto le guide di ferro offrono un certo grado di flessibilità che giova a ripartire l'effetto della pressione su tutta la lunghezza. Da ciò risulta che la curvatura, convenevole per ciascuna porzione d' una guida di ferro compresa fra due dadi consecutivi, deve esser meno sensibile di quella della guida di ghisa che resiste isolatamente. Praticamente questa curvatura diviene allora poco importante.

Tuttavia in Inghilterra si conformano ancora strettamente alla regola della teoria, anche per le guide di ferro, e si usa dare nel mezzo di ciascuna porzione compresa fra due dadi, una maggiore grossezza, che si diminuisce in seguito successivamente fino al punto che appoggia direttamente sul dado. La lunghezza totale della barra presenta così una successione di parti rigonfie e di parti ristrette, e la grossezza media di ciascuna lunghezza compresa fra due dadi varia da 6 a 7 cent. alla estremità fino a 9 centimetri nel mezzo. Ma questa forma ondulata non può ottenersi che con molta difficoltà, come si comprenderà facilmente quando avremo dato un' idea del modo con cui queste barre vengono fabbricate. Siccome non ne risulta che una differenza assai tenue tra la più grande e la più piccola grossezza della barra, si adottò in Francia una grossezza media di 8 centimetri per tutta la lunghezza del railo.

(1) Riprendiamo l' equazione precedente:

$$Pl = \frac{1}{3} fbd^2$$

per una stessa guida, f, b e P possono esser riguardate come costanti. Le due variabili di questa equazione sono dunque l o la distanza dei peso del sostegno fisso, e d o la grossezza della guida di un dato punto. La curva rappresentata da questa equazione sarà una parabola, il cui asse passerà pel mezzo della guida.

La fig. 6 rappresenta la sezione di una barra di ghisa fissata con cavicchie trasversali; presa la sezione nella sua maggiore grossezza verticale. La fig. 7 offre quella di una barra di ferro, fissata sul suo cuscinetto con cunei laterali che tengono il suo orlo inferiore stretto nella cavità corrispondente del cuscinetto. Le proporzioni indicate sono conformi alle dimensioni usate nella strada-ferrata di St-Étienne sulla Loira, i cui raili sono di ghisa, ed a quelle della strada-ferrata di St-Étienne a Lione, i cui raili sono di ferro. La fig. 8 rappresenta la sezione di un railo di ferro della strada-ferrata di Darlington in Inghilterra.

Fabbricazione dei raili.

I raili di ghisa sono colati come pezzi comuni di fonderia. Invano si cercò di fabbricarli colla ghisa che esce direttamente dai fucinali, e che chiamasi ghisa di prima fusione. Questa ghisa è troppo friabile, non essendo abbastanza depurata. Fa dunque d' uopo rifondere la ghisa di prima fusione in un fornello a manico; tale ghisa così trattata, e detta allora ghisa di seconda fusione, è versata in istampi di sabbia, ov' è stata incavata la forma del railo.

I raili di ferro si laminano con un paio di cilindri guerniti di scanalature che portano in cavo la forma che i raili presentano in rilievo. Quando i raili sono *raili diritti*, o che hanno una sezione uniforme su tutta la loro lunghezza, la loro laminatura non è più difficile di quella del ferro comune. I cilindri portano ognuno cinque scanalature che vengono a porsi una innanzi all'altra. Esse son graduate in modo che la materia metallica si modella presso a poco sulla loro forma, senza che i pezzi di barra che compongono il pacchetto che si lamina, si dissaldino o si straccino, lo che accadrebbe se le scanalature fossero in numero insufficiente. Poichè quando si porta il pacchetto di barre dai forni ove si riscalda, esso non ha per solito che 2 metri al più al suo entrare nei cilindri, e finisce coll'allongarsi fino a 5 e 6 metri. Questa lunghezza oltrepassa quella che abbiamo indicata come lunghezza consueta dei raili pronti ad essere posti in opera. Questo eccesso dipende da ciò: che essendo le estremità della barra men bene compresse, vengono generalmente difettose al laminatoio; e lasciando così almeno 50 centimetri circa da ciascun lato, si è sicuri di trovare, nel resto della barra, una lunghezza sufficiente senza difetti. All' uscire dal laminatoio, la barra è trascinata in una specie di sentiere di ghisa, ove è stesa ed applicata in tutte le sue parti, a grandi colpi di maglio di legno. Questa operazione ha per iscopo di dirizzarla meglio che sia possibile, e di fare che non s'incurvi troppo notevolmente col raffreddamento. Quando è raffreddata, la si porta ad una forte cesoja che serve a tagliare le estremità dei ferri comuni, ma che si munisce di un coltello di acciaio fuso tagliato secondo la stessa sezione del railo, affinchè questo possa esser troncato ben netto. Tale nettezza del taglio del railo è una condizione importantissima per la connessione dei raili mediante le loro estremità, com' essi son posti per solito sulle strade-ferrate.

Quando si vuole che la forma delle guide sia ondulata di distanza in distanza, l' operazione diviene molto più difficile. Le scanalature dei cilindri devono presentare in cavo il modello della sezione variabile della guida, dalla parte che appoggia sul dadu fino al punto più lontanu dei due dadi consecutivi, e dove conseguentemente la guida ha la maggior grossezza. Generalmente ne' fucinali inglesi le tre prime scanalature che devono solo servire

a digrossare la guida, sono fatte di una sezione uniforme; e le due ultime sono tagliate secondo una profondità variabile. La fornitura di questo genere di cilindri laminatori richiede molta abilità; ma la laminatura soprattutto è quella che esige una grande destrezza, occorrendo che la materia metallica si distribuisca uniformemente nello stampo delle scanalature, e questa ripartizione non può mancare di essere frequentemente ineguale se il ferro non è alla temperatura convenevole, e se il pacchetto di barre da laminare non è perfettamente saldato. La difficoltà d'esecuzione di queste barre ondulate, unita alla poca utilità di questa forma particolare, indusse, come abbiam detto, le compagnie delle strade-ferrate eseguite in Francia a porre in opera raili di sezione uniforme, e l'esperienza mostra ch'essi resistono tanto bene quanto i raili ondulati.

Abbiamo anche detto che il peso di un metro di railo di ferro è di circa chilogr. 13,50, mentre quello di un metro di railo di ghisa giunge fino a 27 e 28 chilogr. Si può procurarsi al presente, nei fucinali francesi, raili di ferro a 35 fr. ogni 100 chilogr. I raili di ghisa costano almeno lo stesso prezzo ogni 100 chilogr. Perciò un metro corrente di railo di ferro costa circa 4 fr., mentre il metro di railo di ghisa costa più di 9 fr.

A questa singolare economia venne opposto il timore che la ruggine e l'uso deteriorassero più rapidamente i raili di ferro che quelli di ghisa. Ma questa asserzione è ben lontana dall' essere dimostrata. Quanto all' effetto della ruggine, esso è quasi insensibile sopra una strada-ferrata, e si fece una curiosa osservazione in proposito. La ruggine non penetra per più di 1/2 millim. di profondità nelle barre soggette, come quelle delle stradeferrate, all' azione delle ruote che passano quotidianamente sopra di esse.

Quanto al deterioramento per l' uso, devesi osservare che le guide di ferro non si spezzano quasi mai, a meno che il ferro non sia molto crudo. La ghisa all' incontro è molto esposta a questo pericolo, soprattutto nei geli d' inverno. Finalmente devesi dire che i raili logori possono vendersi ancora come ferro vecchio da 20 a 21 fr. ogni 100 chilogr., mentre la ghisa spezzata non è buona che per rifondere, e non può rimettersi ai fonditori che per 16 a 17 fr. tutt'al più al quintale metrico.

Cuscinetti.

I cuscinetti di ghisa che portano il railo a ciascun dado, presentano in cavo la forma del railo in rilievo. La fig. 6 rappresenta la sezione di un cuscinetto usato per solito pei raili di ghisa. Vi s' introducono facendoveli sdrucciolare di fianco, e, come abbiam detto, vi sono rattenuti mediante una cavicchia trasversale che abbraccia il cuscinetto e le due guide opposte.

La fig. 7 rappresenta la sezione d' un cuscinetto con un railo di ferro della forma di quelli che abbiamo indicati. Questi cuscinetti hanno generalmente 22 cent. di lunghezza sopra 6 cent. di larghezza (fig. 10). La cavità ch' essi portano serve a nicchiarvi l' orlo inferiore del railo, mentre il cuneo di legno, cacciato tra la parte opposta del railo ed il fianco del cuscinetto, è rattenuto da un piccolo sporto di ghisa di circa mezza linea. In questo modo, il railo trovasi fermamente stabilito al posto, finchè il cuneo di legno s'imputridisca; allora esso prende un moto sensibile nel suo sostegno. Per rimediare a questo inconveniente, si usano in Inghilterra cunei di ferro invece di cunei di legno (fig. 8); ma questi cunei di ferro hanno lo svantaggio di non poter serrare il railo così forte, a di lasciargli sempre

un moto sensibile. In generale, devesi notare che la grande difficoltà della connessione dei raili nei cuscinetti dipende soprattutto da quella di bene commettere insieme le due estremità dei raili consecutivi; poichè ciascuna guida piegando sotto il peso dei carri, le dette estremità tendono sempre a rialzarsi, e se una di esse non è più stretta dal cuneo, ne risulta che si alza sopra l'altra e produce un urto nel passaggio dei carri. Perciò si adoperano sotto alle commettiture cuscinetti più lunghi di 2 cent. almeno di quelli posti nel mezzo di ciascuna guida. Talvolta, quando i raili sono applicati sopra una pendenza, accade che essi tendono a sdrucciolare fuori del cuscinetto, secondo il senso della pendenza stessa, per effetto delle scosse che ricevono. Allora si pratica un foro laterale a ciascun orlo ripiegato del cuscinetto di unione come pure ad uno de' raili, e col mezzo di una cavicchia di ferro, che attraversa il cuscinetto ed il railo forato, s' impedisce a questo di sdrucciolare fuori del cuscinetto. Quest'ultimo spediente combina, come si vede, i due sistemi di stabilimento nei cuscinetti, con cavicchie e con pressione laterale. Nelle strada-ferrata di Manchester s' intagliò l' estremità de' raili in modo da incrocicchiarli come de' raili di ghisa. Questa operazione è eccellente per consolidare le strade-ferrate; non ha altro inconveniente che quello di aumentare il numero de' raili necessarii sopra una data lunghezza.

I cuscinetti sono di ghisa, e si fabbricano assai facilmente, poichè se ne possono modellare quattro per volta in uno stesso telaio di funderia. Perciò costano 35 a 40 fr. per cento chilogr., ed ogni cuscinetto, pesando 3 chilogr., costa circa 1 fr. Non hanno lunghissima durata sopra una strada-ferrata assai frequentata; ma i loro rimasugli possono ancora rivendersi a fr. 16 ogni 100 chilogr., e d'altronde sarebbe troppo costoso il fabbricare cuscinetti di ferro battuto.

Le due aperture che portano da ciascun lato servono a ricevere cavicchie di quercia che entrano fortemente compresse in buchi corrispondenti praticati nei dadi di pietra o nelle traverse di legno (fig. 10 e fig. 7).

Dadi o cubi di pietra.

I dadi hanno in generale almeno un piede quadrato di superficie su sette a otto pollici di altezza. Questa larghezza di superficie è necessaria per insediare perfettamente il railo sul terreno; ma non fa d' uopo che il dado sia troppo elevato, poichè allora tutta la forza laterale esercitata contro il railo pel moto dei carri, lo rovescierebbe molto agevolmente, perchè pronto a girare sulla sua base. Come i cuscinetti, i dadi posti alle congiunzioni delle guide hanno una superficie più large di quelli posti nei punti intermedii; essi hanno in generale almeno due piedi quadrati. I dadi sono grossolanamente squadrati sui loro fianchi; la faccie superiore soltanto richiede più finitezza affinchè si possa più comodamente spianare il sito del cuscinetto. Il traforamento de' buchi che devono ricevere le cavicchie di legno si eseguisce col solito succhiello. Questi buchi hanno almeno tre pollici di profondità e devono essere più diritti che sia possibile a fin che il cuscinetto non vacilli. Il dado, così traforato, costa 75 centesimi circa preso alla cava. Per consolidare le cavicchie di quercia nei buchi del dado, si conficca spesso in esse un grosso chiodo di ferro; ma non meno dei cunei vanno soggette ad esser cangiate ben di sovente. Il loro prezzo però è poco elevato.

Collocazione dei raili.

Quando il letto dalla via è convenevolmente preparato, e che si tratta di mettere i raili al loro posto, si comincia dallo scavare due fossi della larghezza dei dadi, lungo la linea che deve occupare ciascuna serie di guide, dai due lati della strada. In Inghilterra, la larghezza della via è generalmente di 60 pollici inglesi che corrispondono a 1^m50. Questa è pure la larghezza adottata in Francia per le strade-ferrate finora eseguite. Scavati per tal modo questi fossi a 75 centimetri circa dall' asse della via, se ne avvicinano i dadi muniti de' loro cuscinetti, si livellano i siti che devono occupare, e che sono alla distanza sia di 91 cent. sia di 76 cent., come più sopra abbiam detto, od a qualunque altra distanza. Poi si reca una ventina di dadi in una volta, e si allineano sulla linea retta o sulla curva che deve formare la strada-ferrata, ponendo nei cuscinetti le guide fermate provvisoriamente. S' incontrano sempre ineguaglianza nella profondità del fosso o nell' altezza dai dadi; si correggono, mediante tre livelli di legno, simili a quelli de' lastricatori, e due dei quali sono collocati sopra raili già posti, o sopra paletti di altezza verificata, mentre il terzo si fa scorrere sui due raili non istabiliti, i più vicini a questi paletti. Secondo che i dadi di questi raili sono o troppo bassi o troppo alti, si rincalza la terra sotto di essi, o si affondano con mazzeranghe di legno. Quando l' altezza di questi due raili è fissata, si trasportano sopra di essi i due primi livelli, e si porta il terzo sulla guide più lontane. Eseguite accuratamente queste operazioni, si stringono i raili nei cuscinetti conficcandovi i cunei; si guernisce ciascun dado di frantumi di pietra, e si circonda con

terra estratta dal fosso, che si batte forte colla mazzeranga a fine di comprimerla.

Queste precauzioni sono indispensabili per lo stabilimento di una linea solida; e non si potrebbe tener conto abbastanza della loro importanza; poichè la resistenza al tiro può essere raddoppiata dalla imperfezione dell'insediamento da'raili. Quando si adoperano traverse per sostenere i cuscinetti, ciocchè in generale non ha luogo che per collocazioni provvisorie, si pongono queste traverse perpendicolarmente all' asse della via in un solco scavato a tal uopo, e si allineano simultaneamente le guide delle due linee. Questo mezzo usasi ancora quando una collocazione definitiva di dadi è effettuata sopra terre recate di fresco; e che non hanno avuto tempo di rassodarsi. Si pongono allora fra i dadi delle traverse che uniscono le due linee di raili ed impediscono la loro deviazione. Finalmente, nello stabilimento da' raili di ferro si lascia un intervallo di circa due millimetri fra le guide consecutive, affinchè, nei grandi calori, queste lunghe guide possano allungarsi liberamente su tutta la loro estensione. Questo intervallo di due millimetri sembra sufficiente per le variazioni di temperatura de' nostri paesi, come si può verificarlo dietro la dilatazione del ferro, che è, per un metro, di $0^{mm},0122$ per grado. Per 50 gradi di variazioni, l' allungamento di un metro sarebbe di $0^{mm},610$, e quello di un railo, di 15 piedi inglesi o in $4^m,60$ di lunghezza, sarebbe $2^{mm},180$. Se la guida fosse più lunga, se fosse di 5 metri, per esempio, bisognerebbe lasciare ancora alquanto più di spazio. Senza questa precauzione, le guide allungate per effetto della temperatura s'incurvano con una forza irresistibile, e sebbene collocate colla più grande esattezza nell' inverno, non sono più riconoscibili in capo a sei

mesi, avendo il calore alterato tutto l'allineamento. Le guide di ghisa essendo molto più corte, trovasi sempre spazio bastante fra le loro congiunzioni, per bastare all' allungamento prodotto dalla stessa causa.

All' uscire del fucinale, i raili di ferro presentano sempre una certa curvatura che risulta dall'ineguaglianza del loro raffreddamento su tutta la loro estensione. Questa curvatura è abbastanza sensibile per richiedere che la barra venga raddrizzata esattamente prima di esser posta in opera. Il raddrizzamento si fa a freddo su di una piccola incudine portatile di cui si muniscono que' che stabiliscono i raili al posto. Esso esige l' occupazione di tre uomini, due dei quali tengono la barra, e presentano successivamente tutte le sue parti sull' incudine, mentre il terzo battevi sopra con una mazza di ferro. Tre uomini possono raddrizzare 30 a 40 guide per giorno, guadagnando ognuno circa 2 fr., ed il raddrizzamentò viene a costare da 20 a 15 centesimi per railo.

Abbiam veduto che le guide di ferro hanno da un lato un orlo saliente che s' insinua in una parte cava praticata nel cuscinetto, mentre fra l' altro lato e l' orlo ripiegato del cuscinetto si conficca il cuneo che fissa il railo al posto, (figura 7). Quando si pongono i raili, si può essere incerti se torni meglio porre l' orlo saliente del railo all' interno od all' esterno della via. Per esaminare tale questione, è d' uopo rammentarsi che la pressione esercitata dall' orecchia della ruota nel moto del vaggone, agisce sempre dal di dentro al di fuori sulla parte superiore della guida, e tende così a rovesciare questa all' esterno. Ponendo dunque l' orlo saliente al di dentro, si troverà premer esso fortemente contro la parte superiore del cuscinetto e tenderà a spezzarlo, mentre ponendolo al di fuori, il cuneo posto più da vicino alla superficie superiore della guida la sosterrà meglio contro il rovesciamento, e dall' altro lato la guida si appoggierà contro la parte superiore del cuscinetto. Perciò sembra che meglio convenga di collocare l' orlo saliente al di fuori della via ed il cuneo al di dentro. In ogni caso, siccome le guide si logorano soprattutto nella parte della loro superficie esposta all'attrito dell'orecchia della ruota, giova rivolgerlo quando questa faccia è logora, e far agire l' orecchia sull' altra faccia ancora intatta, in modo da trovarsi indotti ad adoperare successivamente l' uno e l' altro dei metodi di collocamento che abbiamo indicati.

Railo piano.

Oltre il sistema delle guide che ora abbiamo descritte, e che si denota col nome di *edgerrail* (*railo-acuminato*) esiste in Inghilterra un altro sistema conosciuto sotto il nome di *plate-rail* o di strada-ferrata a guide piane. In quest'ultimo sistema, l' orecchia che deve impedire alla ruota del carro di uscire dalla via, trovasi posta sull'orlo della guida, invece di trovarsi sul quarto della ruota, e questa guida ha allora la forma rappresentata dalle (fig. 5 e 9). Il quarto della ruota essendo piano, ne segue che questo sistema di guide può ricevere qualunque specie di vetture analoghe a quelle che percorrono le strade comuni, e da ciò sembra, a prima vista, esser suscettibile di un' applicazione molto più generale di quello de' raili sporgenti, che richieggono ruote di una forma particolare. Ma bisogna riflettere che il principio di una strada-ferrata è di presentare una superficie perfettamente liscia all' azione di un quarto di ruota egualmente senza scabrosità, e quindi non conviene adoperare

linee di rulli a sostenere i quarti di ruota delle vetture comuni, grossolanamente ferrati e guerniti di grossi chiodi, che pur produrrebbero un attrito sensibile e deteriorebbero le guide rapidamente. Il sistema dei *raili-piani* sembra in vero offrire una certa economia nella primitiva loro applicazione rispetto ai *raili-acuminati*, poichè le guide essendo piane possono fermarsi facilmente sopra panconi col mezzo di grosse viti di legno; ma la forma cava ch'esse presentano le espone a coprirsi di fango, o di polvere, lo che produce una nuova resistenza al tiro e distrugge totalmente il vantaggio delle strade-ferrate. Per diminuire questo inconveniente, si fece uso, su queste guide piane, di ruote assai sottili, che avessero meno punti di contatto con esse e fossero perciò meno esposte a caricarsi di fango e di materie eterogenee sparse alla superficie; ma trovossi ch' esse scavano rapidamente un solco nella guida, e da ciò risulta un nuovo attrito molto energico.

Questa specie di strada-ferrata fu per lungo tempo usata nel paese di Galles, ma a poco a poco disparve per dar luogo al sistema delle guide salienti. Erasi giudicato eziandio ch'essa fosse applicabile alle gallerie delle miniera, il cui suolo è generalmente abbastanza fermo per ricevera la guida senza intermedio; ma i tentativi fattine, e che ancora si fanno, indicano che l'economia di primo stabilimento e la facilità di disfare e ristabilire questa specie di strade, sono ben compensate dall' eccesso di resistenza cha produce il fango deposto sulla guida, e dal logoramento rapido del materiale sotto l'azione di quei quarti di ruota sottili di ghisa che agiscono come un coltello tagliente. Perciò, quando si pensa a impiegare le strade-ferrate per un uso di qualche importanza si suole limitarsi oggidì al sistema delle guide salienti, le quali, alte di alcuni pollici sopra il suolo, e non offrendo nella loro parte superiore che una superficie di 6 centimetri di larghezza, si mantengono molto più facilmente in uno stato di nettezza indispensabile per una strada-ferrata. Adunque soltanto sulle particolarità di questo sistema richiameremo l'attenzione dal lettore.

Tuttavia dobbiamo esaminare se la forza e la natura dei diversi elementi che lo compongono non debba variare secondo il prezzo del ferro, della ghisa ed anco delle pietra nelle diverse località. Le dimensioni che abbiamo date per la seziona de' raili di ferro, sono conformi a quelle adottate primitivamente in Inghilterra; ma vennero riconosciute troppo deboli per le grandi velocità della strada-ferrata da Liverpool a Manchester, nella quale i viaggiatori corrono in ragione di 7 a 8 leghe all' ora. Su questa strada-ferrata vennero usati raili del peso ad ogni metro di 20 chilogrammi. Questo aumento di peso ne' raili era convenevole in Inghilterra, ove le fucine li forniscono in ragione di 20 fr. ogni 100 chilogrammi. Ma in Francia, ove il ferro è più caro, per una strada-ferrata destinata a velocità analoghe a quelle della strada-ferrata di Manchester, sarebbe infinitamente più economico di aumentare il numero dei dadi, ciocchè darebbe lo stesso risultato per la solidità della via.

Questa osservazione ne conduce a dire qualche cosa intorno ai diversi sistemi di costruzione delle strade ferrate che si possono proporre come più economici del sistema inglese. Il modo meno dispendioso, come costruzione, consiste nell' adoperare i *correnti* di quercia rivestiti di liste di ferro spianato di 1 centimetro di grossezza, e collegati insieme da traverse perpendicolari alla direzione della via. Dobbiamo pur dire che, essendo il legno

più elastico dei dadi, una strada-ferrata così stabilita avrebbe il vantaggio di tornare più soffice pei viaggiatori. Ma, se venisse caricata da un trasporto molto attivo, non potrebbe durare che breve tempo: poichè le quercie, che ne formerebbe la base, essendo imperfettamente ricoperta di terra, troverebbesi esposte a tutte le alternative della siccità e dell' umido e andrebbe a putrefarsi prontamente. Inoltre, le guide di ferro legate con viti a legno si distaccano facilissimamente; e in capo a qualche tempo, la via dovrebbe essere interamente riparata, per poco che i trasporti succedessero con una certa velocità. Vennero fatti sperimenti in questo genere pel servigio di fucine o di scavi, ma sarebbe impossibile di applicare un siffatto sistema su d' una grande scala.

Nei paesi ove la pietra viva di grandi dimensioni è a buon mercato, si potrebbero applicare sopra pietre di 1 metro 50 cent., guide di ferro spianato di 3 centimetri di grossezza, e si fermerebbero con viti di ferro insinuantesi in cavicchie di legno che sarebbero fissate nella pietra come nei dadi consueti. Per dare una grande stabilità alla commettitura, si avrebbe cura d' incrocicchiare le lunghezze delle guide con pietre consecutive, ed inoltre si lascierebbe emergere ciascuna guida di 2 cent. almeno, affinchè l' orecchio della ruota non confricasse contro la pietra. Questo sistema sarebbe abbastanza solido, ma richiede lunghe pietre, assai difficili a rinvenirsi. Nelle miniere d' Alais, Brard avea tentato un altro sistema alquanto diverso; consisteva esso nel porre sul suolo, in un solco praticato in lunghe pietre, liste di ferro di 2 centimetri di grossezza rattenute di fianco da cunei sottilissimi di ferro. Ma, dietro quanto abbiamo veduto, queste guide poste sul suolo devono avere il grave inconveniente di scavare le ruote prontissimamente, ed inoltre sono molto esposte a rovesciarsi per l' azione laterale delle ruote.

Il sistema delle guide salienti inglesi sembra adempiere con bastante economia le condizioni necessarie per la conservazione delle ruote de' vaggoni, e per la solidità della via; rammentandosi soltanto che se si deve aumentare il numero dei dadi se vuolsi far uso di grandi velocità, le dimensioni delle guide che abbiamo indicate saranno sempre opportune.

FABBRICATI INERENTI ALL' ESERCIZIO DI UNA STRADA-FERRATA

Stazioni.

Sebbene l'argomento delle *Stazioni* sia stato il soggetto di un nostro articolo speciale (*ved.* quella voce), ciò non di meno crediamo necessario di tornarvi sopra, e per dar compiuto il nostro lavoro sulle ferrovie in tutti i suoi dettagli, e se altro non fosse per dare un attestato al sig. ingegn. A. Milesi della stima in cui teniamo la sua opera in corso intitolata la *Costruzione delle Strade-ferrate*, ecc., ecc., sfiorando in proposito, o ricapitolando le sue medesime idee.

L' onore degl' italiani ci sta a cuore sopra tutto, e vorremmo poter dar sempre loro la preferenza nell' attingere gli elementi della nostra compilazione. Se non che dobbiamo prevenirli, a scanso di recriminazioni, che se non troveranno in tutto e ognora ripetute alla lettera le loro medesime frasi, ciò ed altro non devono essi attribuire se non se al colore del nostro libro, che vuole averne un suo proprio, ed alla necessità quindi di usare talvolta del nostro stile per non fare di esso un mosaico troppo disarmonico. I concetti originali sono però sempre ed in tutta la loro integrità per noi fedelmente conservati.

Ciò detto, ecco ciò che il prefato signor Ingeg. Milesi ebbe a dettare rispetto alla fabbrica ed all' ordinamento delle Stazioni:

Quali sono i locali che occorrono in una stazione? quale è il luogo più proprio per ciascheduno? quale la sua miglior forma? Noi andremo considerando i varii corpi di fabbricato che compongono una stazione, e per ciascuno procacciеremo di trovare la risposta analoga ai tre indicati quesiti. Le nostre ricerche saranno coordinate ai seguenti riparti:

a) Servizio dei passeggeri;
b) Servizio tecnico;
c) Servizio delle merci;
d) Officine.

Prima però di entrare nei particolari, rendesi necessaria una distinzione nella forma generale delle stazioni, secondo il sistema dei veicoli che s'intende adottare, cioè se l' americano o l'inglese. Infatti, i veicoli a sistema americano avendo la distanza fra le ruote estreme assai maggiore di quella che esiste fra le ruote delle carrozze a sistema inglese, ne viene che le stazioni debbano secondo il primo svilupparsi quasi unicamente a forza di scambii, e quindi riescono di

necessità molto più lunghe; mentre col secondo possono svilupparsi coll' aiuto delle piatteforme, le quali permettono una disposizione delle stazioni distesa in lunghezza e in larghezza.

Sulle strade inglesi, le carrozze di scorta vengono d' ordinario tenute sopra guide di riserva paralelle a quelle di partenza e d' arrivo, ed occorrendo di attaccarle, non si fa che portarle sulla rotaia principale girandole su due piatteforme. Ora, se tale movimento si volesse eseguire colle carrozze americane, si richiederebbe tale distanza fra le rotaie da rendere le tettoie e le rimesse di difficile, incomoda e dispendiosissima costruzione.

Ciò detto, prenderemo a considerare una stazione di 1.ª Classe rispetto ai tre quesiti su esposti, cioè: quali locali si richiedano? quale sia il luogo più opportuno a ciascheduno? qual la sua miglior forma?

Il primo argomento, meglio che in altro modo, sembraci potere svilupparsi col seguente quadro sinottico. In esso a colpo d' occhio rappresentasi l' insieme e il dettaglio, e si ha come la regola da seguire nella trattazione dell' importante argomento.

Quadro Sinottico *dei locali componen*

STAZIONE DI PRIMA CLASSE

- **Servizio dei passeggieri**
  - Locali degli omnibus, diligenze e carrozze private
    - all' arrivo
    - alla partenza
  - Atrio.
  - Locali del guardaporta.
  - Caffè e trattoria.
  - Dispensa viglietti.
  - Ricevimento / Riconsegna / Deposito — bagagli, oggetti di messaggeria, gruppi e merci celeri.
  - Sale di aspetto.
  - Tettoie di arrivo e partenza.
  - Deposito degli oggetti perduti.
  - Locali di polizia e finanza, in quanto occorrano.
  - Caserma pei facchini.
  - Latrine.
- **Servizio tecnico**
  - Magazzino
    - degli oggetti di consumo.
    - dei materiali ed attrezzi.
    - del combustibile.
    - Officio del magazziniere.
  - Rifornitore
    - Locale della gran vasca, della pompa ed apparato di ri scaldamento.
    - Locale di accendimento delle macchine e politure.
    - Alloggio del macchinista e fuochista di riserva.
    - Alloggio del custode.
    - Alloggio dei macchinisti fuori di domicilio.
    - Caserma pei fuochisti.
  - Rimessa locomotive
    - Sala di deposito delle macchine.
    - Locale con un focolare, e morsa per le minute riparazion
    - Alloggio del sorvegliante delle locomotive.
  - Rimessa carrozze
    - Sala di deposito delle carrozze.
    - Locale sussidiario di lavoro da bandaio, tappezziere, fa nalista.
    - Locale di deposito degli attrezzi ed oggetti di untora pulitora.
    - Alloggio del sorvegliante delle carrozze.
    - Alloggio di un capo facchini.
  - Offici ed alloggi degli impiegati tecnici, e stanza di ricovero pei con duttori.
- **Servizio merci**
  - Alloggio dei guardaeccentriche.
  - Magazzino delle merci libere da spedirsi.
  - Magazzino in soggezione della Dogana.
  - Magazzino delle merci di arrivo.
  - Ricovero pel bestiame, con rispettivo caricatore.
  - Officii del magazziniere.
  - Officii di Finanza.
  - Caserma dei facchini.
  - Caserma delle guardie.
  - Deposito degli attrezzi.
  - Locale della stadera a ponte.

a Stazione di prima Classe.

STAZIONE DI PRIMA CLASSE

- Officio del telegrafo elettrico.
- Officio delle spedizioni postali.
- Grandi officine
  - Abitazione del portiere.
  - Officii della Direzione
    - Direzione tecnica.
    - Amministrazione.
    - Disegno.
  - Magazzini
    - dei metalli greggi.
    - dei materiali varii, ed oggetti di consumo.
    - dei legnami d'opere.
    - dei combustibili.
    - dei materiali infiammabili.
    - degli oggetti lavorati.
    - dei modelli.
    - Officio del magazziniere.
  - Forza motrice
    - Se vapore, coll'alloggio del macchinista e deposito del combustibile.
  - Fonderia in ghisa
    - Gran locale dei forni di fusione e marcatori.
    - Macina delle terre.
    - Officio del contromastro.
    - Locale dei pulitori e brunitori.
    - Deposito della ghisa e del combustibile.
  - Fonderia in bronzo, zinco e piombo.
  - Sale di lavoro
    - del fuochi grossi e forni a riverbero e macchine relative; dei fuochi piccoli — col locale del contromastro.
    - delle macchine, utensili; dei fabbri da banco; di montatura delle macchine; delle mole dette amerigliatori — col locale del contromastro.
    - dei calderai; dei ramai e bandai — col locale del contromastro.
    - dei segatori e carpentieri; dei falegnami da banco e da tornio; dei montatori di carrozze — col locale del contromastro.
    - dei pittori e verniciatori; dei sellai e tappezzieri — col locale del contromastro.
  - Rimesse di macchine e carrozze.
  - Luogo di polizia pegli operai.
  - Latrine.

Tanto numero di locali muoverà certo a meraviglia i men pratici; ma è pure un fatto incontrastabile che di tutti abbisognasi più o meno, e vanno disposti in una o in altra maniera secondo i sistemi d'armamento, secondo i veicoli, secondo l' essere la stazione aperta ad un solo estremo, o da più parti; secondo, finalmente, la lunghezza e l' importanza della linea cui serve.

Il quadro sinottico precedente risponde adunque al primo quesito. Ma non solo è necessario costruire tutti i locali occorrenti, bisogna anche ben situarli, e dar loro forme corrispondenti al bisogno.

A che servirà, in fatti, una rimessa di carrozze molto lontana dal centro del movimento? A che un rifornitore, dove sia collocato ove non si trova acqua, o si trova acqua cattiva? Qual danno non risentirà una officina, ove la forza motrice producesi col vapore, se collocata in miglior situazione potevasi avere la forza motrice gratuita di qualche caduta d' acqua?

È dunque una necessità nel progettare le linee delle strade-ferrate, l' aver presenti gli elementi del futuro esercizio, e prevalersi di tutti quei mezzi che possono condurre a renderlo più facile ed economico.

Ma entriamo nelle particolarità, e consideriamo le condizioni che tendono a perfezionare ciascun ramo di servigio delle strade-ferrate rispettivamente alla ubicazione dei locali occorrenti.

Distribuzione e forma dei locali pel servigio dei passeggeri.

I passeggieri giungono alle stazioni, specialmente dalle città, cogli omnibus o colle carrozze, ed ugualmente ne partono. Così all' arrivo come alla partenza vi sono bagagli da maneggiare, pacchi, merci, oggetti di massaggeria. Richiedesi quindi qualche tempo per eseguire le relative operazioni, con questo però, che nel momento della partenza del treni, i viaggiatori giungono alla spicciolata, ed invece all' arrivo dei treni partono tutti ad un colpo. I locali rispettivi devono dunque essere assai ampii pegli omnibus all' arrivo dei treni, e più piccoli pegli omnibus che conducono i viaggiatori alle stazioni.

Ora ciò che sembra indispensabile si è, che tanto gli uni quanto gli altri siano coperti. Muove invero a compassione nel vedere talvolta, all'arrivo dei convogli in tempo di pioggia, la confusione dei bagagli ed il parapiglia che ne deriva, ed il danno gravissimo che ne risentono il servizio pubblico e l' amministrazione della strada-ferrata.

Un' altra norma da aversi in mira è quella: che il movimento dei viaggiatori che partono e che arrivano succeda separato. L' ommissione di questa pratica obbliga a raddoppiare i mezzi di controlleria pei viaggiatori che partono, ed a sospendere il movimento pel tempo in cui devono uscire dalla stazione i viaggiatori arrivati.

Convinte della opportunità di questa massima le Direzioni delle strade-ferrate, adottarono varii spedienti, i quali più o meno rispondono allo scopo.

In Inghilterra, per esempio, ove il lucro è il movente principale di tutte le imprese private delle strade-ferrate, si è adottato il sistema che gli omnibus entrino sotto la stessa tettoia, disponendosi in linea parallela al convoglio.

In generale, il sistema inglese (quello cioè di far sì che da una parte della tettoia vi sia la rotaia di arrivo, e dal lato opposto la rotaia di partenza) è il più segnito, e noi potremmo citarne a centinaia gli esempii. Ma a questo proposito

cade opportuno l' osservare quanto il sistema delle carrozze americane renda più comoda la disposizione delle rotaie di arrivo e partenza dei treni, specialmente nei casi di gran movimento.

Due sono, come abbiamo notato, i sistemi, cioè l' inglese e l'americano. Nel primo le carrozze sono divise in varii compartimenti, ognuno dei quali ha una porta per parte, e non potendovi essere comodi gradini per ascendere, poichè la carrozza si allargherebbe di troppo nelle stazioni, sonosi praticati dei rialzi, i quali fiancheggiano le rotaie, e da quelli i passeggieri montano con un solo passo nelle carrozze. Nel sistema americano, all' incontro, alla estremità delle carrozze avvi una comoda scala per cui i passeggieri ascendono su di una piattaforma, e da questa, per due porte praticate nelle testate, entrano nella carrozza.

Ora gli è chiaro che col sistema inglese non vi possono essere sotto la stessa tettoia più di due rotaie, una di partenza e l' altra d' arrivo, mentre col sistema americano, anche parecchie rotaie non ingenerano alcuna difficoltà di partenza e di arrivo, poichè uguagliate esattamente al livello del suolo, i passeggieri le attraversano senza il più piccolo incomodo.

Atrio, biglietti, bagagli, sale d' aspetto.

Passiamo ora a considerare il movimento interno dei viaggiatori che giungono ad una stazione per ripartire coi treni.

Una serie di operazioni ha luogo in questa circostanza.

Il viaggiatore entra nell' atrio, deve prendere il viglietto e subirne la controlleria, consegnare il bagaglio, entrare quindi nelle sale e di colà prender posto nelle vetture.

Onde evitare i gravi disordini che derivavano dal gran concorso, vennero immaginati varii spedienti per guidare i viaggiatori nel passaggio davanti ai cancelli dei vigliettarii in modo che la corrente segua sempre nel medesimo senso. Non sempre però ciò si adotta, ma invece si fanno atrii spaziosi, ed il cancello dei viglietti si apre molto tempo prima della partenza, onde i viaggiatori di mano in mano che giungono alla stazione prendano il viglietto ed entrino nelle sale.

Il primo sistema presenta risparmio di locali, il secondo maggior decoro. Del resto, l' uno o l' altro può riuscir meglio secondo il modo della distribuzione dei viglietti di viaggio, del ricevimento dei bagagli e del movimento dei viaggiatori.

Dopo che il viaggiatore ha preso il biglietto deve consegnare il bagaglio e quindi entrare nelle sale d' aspetto. E qui sorge una considerazione che quasi determina la più opportuna distribuzione dei locali pei passeggeri. Il luogo di consegna dei bagagli deve esser prossimo alla porta d' ingresso, perchè sarebbe inopportuno obbligare i forestieri a portare i bagagli per lungo tratto nell' interno della stazione; ma in pari tempo deve anche essere assai vicino alla rotaia di partenza, perchè altrimenti, dovendosi portare i bagagli a molta distanza, ne verrebbe uno spreco di tempo e di mano d' opera. Se dunque vi deve essere poca distanza dalla porta d' ingresso al convoglio, ne viene quasi di necessità il dover preferire per la distribuzione dei locali dei viaggiatori la forma longitudinale, paralella alle rotaie. Tale in fatti è la forma seguita sulle migliori strade-ferrate d' Europa, e tale è la

ragione per cui si videro alcune stazioni stabili riuscire più incomode e più dispendiose delle stazioni provvisorie.

Che se la stanza di ricevimento dei bagagli deve essere vicina al convoglio che parte, tanto più è indispensabile che lo sia quella di riconsegna, onde la dispensa succeda colla massima rapidità. È uno dei lamenti più generali quello di dover aspettare lungo tempo il bagaglio allorquando si arriva ad una stazione, e giova che gli architetti adoperino il più gran studio nella disposizione dei locali per questo servizio.

Caffè e Trattoria.

In tutte le stazioni di qualche importanza v'è un servizio di caffè e trattoria. Se ciò è comodo nelle stazioni estreme e nelle stazioni delle strade di poca lunghezza, diventa una necessità nelle stazioni principali delle strade a lungo corso, ove, durante il ricambio dei convogli o delle macchine, i passeggeri devono refocillarsi. Vedesi da ciò che tale un argomento merita di essere studiato come parte assai influente sull' esercizio. Il caffè deve avere un locale esterno, poichè, limitato al solo servizio interno, difficilmente ci troverebbe il suo tornaconto. Deve inoltre essere alla portata di servire i viaggiatori nelle sale d'aspetto; e finalmente deve avere accesso alla tettoia dei convogli, onde i passeggeri a lungo viaggio possano nelle brevi fermate entrare a ristorarsi, ed esser quindi pronti all'intimazione della partenza. Ciò deve farsi senza imbarazzare il movimento dei viaggiatori nell' interno della stazione, senza render possibile la introduzione di gente estranea e senza viglietto; finalmente, senza troppo incomodo del caffettiere.

Deposito degli oggetti perduti.

In nessun luogo, come sulle strade-ferrate, avviene che i viaggiatori si dimentichino alcuni oggetti del loro bagaglio od arnesi diversi, come ombrelle, bastoni, ecc. È dunque di somma necessità che vi sia un locale destinato alla loro custodia, nel quale, debitamente ordinati e registrati, tengansi pronti a qualunque ricerca.

Le strade dell' Inghilterra sono per questo rispetto un vero modello. Immittente alla tettoia havvi una porta su cui sta scritto a grandi caratteri: *Deposito degli oggetti perduti*. Una tabella ne indica la lista e l' epoca del reperimento, affinchè chiunque abbia perduto un oggetto, possa esaminarla. Regulamenti speciali provvedono pel tempo in cui devonsi custodire gli oggetti medesimi, per le pratiche sì di custodia che di consegna; ed è tale modello da doversi imitare dagli architetti.

LATRINE.

La disposizione delle latrine nelle stazioni è una cosa di somma importanza, e ciò sotto due rispetti; cioè:

1.° Di sopperire ad uno dei principali bisogni della vita;

2.° Di evitare le lordure ed i sucidumi che generano disgusto e nausea. Occorrono quindi latrine praticabili dall' atrio e dalle sale d'aspetto; latrine per il personale di basso servizio; e soprattutto latrine pei viaggiatori di passaggio. Queste ultime devono esser collocate in modo che dal convoglio si scoprano senza fatica, onde evitare l' indecenza di veder i viaggiatori soddisfare ai naturali bisogni pubblicamente.

La prima avvertenza è quella di fare

le latrine isolate, per quanto si può. E per quelle che necessariamente devono porsi nell' interno dei fabbricati, avvertasi di fare il pavimento di pietra e le pareti a scagliola, onde poterli facilmente lavare.

Le latrine poi pei viaggiatori di passaggio coi convogli devono essere senz' altro isolate, e costruite con una cinta esterna che ne nasconda le porte. Ricoperte quindi di sempreverdi serpeggianti sulle pareti e sul coperto, lungi dal richiamare un' idea disaggradevole presentino all' occhio una forma elegante e piacevole.

Finalmente, siccome in tutte le principali stazioni hannovi sempre dei grandi recipienti di acqua collocati in alto, si dovrà diramarne un tubo e condurlo alle latrine. Mercè a questo potrà ottenersi facilmente la mondatura, e impedirsi qualunque benchè minimo odore. E qui il bellissimo sistema gioverà conoscere usato nel gran palazzo della esposizione industriale di Londra. Sonovi pisciatoi formati di lastre di marmo, ed alla altezza della testa delle persone scorre trasversalmente un tubo incassato nel muro. Questo tubo è ripieno d' acqua, la quale da una fila di minutissimi forellini esce in forma di un velo, che scorrendo lungo le lastre di marmo, le tiene costantemente pulite, così come fossero appena collocate.

Rimane ora da dire una parola intorno alla forma dei varii locali onde renderli più comodi ed adatti allo scopo cui servono; e la prima avvertenza è quella di dar loro un' ampiezza proporzionata al bisogno.

In queste fabbriche appunto è dove l' architetto può far ispiccare il suo genio, combinando l' eleganza delle forme con una ragionevole economia.

Non parleremo della forma degli atrii, delle sale, delle tettoie, dei caffè, delle stanze in genere. Quando siano soddisfatte le leggi di una buona distribuzione e di un' ampiezza corrispondente, è libero all' architetto di adottare quelle forme che meglio combinino col carattere che vuol dare all'edificio. Nelle tettoie taluni amano sfoggiare enormi larghezze in una sola tratta, senza sostegni intermedii; altri preferiscono tettoie binate con linee longitudinali di eleganti colonne. Il primo sistema presenta maggior lusso d' arte, e, se vuolsi, maggior comodo di servizio, non avendovi colonne interposte. Il secondo, al contrario, è in generale più economico, e consente in pari tempo non minore eleganza.

Su alcune strade-ferrate assegnossi per la dispensa bagagli un piccolo locale con una finestrella, conforme a quello di ricevimento, e non si pensò che i bagagli giungono ripartitamente, e deve ciascuno assoggettarsi a pratiche minuziose, mentre la dispensa deve seguire in pochi minuti per tutti i bagagli arrivati con qualunque convoglio.

E fu quindi trovato che i viaggiatori affollavansi davanti al cancello ond'essere men tardi a ricevere la propria valigia, e non potendo presentarsi più di uno o due viaggiatori per volta, ne veniva una pressa, un urtarsi, una confusione spiacevolissime.

Per evitare tanto disordine si devenne alla pratica di tener chiuso il cancello, fino a che portati tutti i bagagli nel locale di distribuzione, si fossero dall' impiegato raffrontati colle bollette, in modo che alla prima chiamata del numero potessero prontamente riconsegnarsi ai viaggiatori.

In altre stazioni invece si costruì per la dispensa bagagli un banco assai lungo; i bagagli depongonsi da un lato, ed i viaggiatori passando escono dall' altro.

In tal modo, quindici o venti viaggiatori possono presentarsi contemporaneamente al banco, a indicare essi medesimi agli impiegati il loro bagaglio.

Quale sia la differenza fra i due sistemi per la prontezza del servizio, non è difficile di comprenderlo; da un lato si ha un individuo che non conosce gli oggetti e, colla scorta del solo numero, deve cercarli e radunare quelli che appartengono allo stesso pollizzino. Dall' altro, si hanno quindici o venti individui che indicano essi medesimi i loro bagagli e ne rendono mille volte più sollecito il reperimento. Chi scrive queste pagine vide col secondo sistema sbrigare in pochi minuti quattrocento a cinquecento bagagli, mentre invece dovette attendere più di una volta il proprio per ben tre quarti d' ora ad un' altra stazione ove operavasi col primo sistema, sebbene il numero dei bagagli non arrivasse a cinquanta.

DISTRIBUZIONE E FORME DEI LOCALI PEL SERVIZIO TECNICO.

Magazzini.

Il primo ordine dei locali, che figurano nel quadro come appartenenti al servizio tecnico, è quello dei magazzini.

Tre classi generali di oggetti formano specialmente i depositi del magazzini, cioè:

a) Quelli per l'untura, pulitura, illuminazione e minuto consumo;

b) Materiali ed attrezzi di costruzioni stradali;

c) Combustibile.

Di queste tre materie, ora l' una, ora l'altra viene depositata in maggior quantità nelle varie stazioni, secondo le condizioni speciali del luogo. Così, se una stazione principale avrà prossima una miniera di lignite o di carbon fossile, occorreranno vastissimi depositi pel combustibile. Se avrà vicine le ferriere, ove si costruiscono oggetti d' armamento, vi sarà deposito principale di questi. Tenderassi con ciò a risparmiare inutili trasporti, ritirando per le varie stazioni, secondo i bisogni, gli oggetti occorrenti dai depositi principali.

Vedesi chiaro pertanto, che l' architetto prima di progettare i magazzini deve informarsi dai tecnici delle qualità e quantità degli oggetti che saranno da tenersi in deposito. E diciamo *qualità* e *quantità*, poichè non solo dalla qualità, ma eziandio dalla natura degli oggetti da custodire vuolsi prender norma nella determinazione della forma de' magazzini.

Di fatti, se si avrà da custodire della lignite o del carbon fossile, basterà un cancello che li contenga, e tutto al più un tetto che li ricopra; mentre se si dovrà custodire dell' olio, del sevo, occorrerà chiudere intieramente il magazzino, poichè il valore degli oggetti potrebbe adescare l' avidità dei ladri.

Un' altra avvertenza di somma importanza è quella di ben esaminare, prima di stabilire un magazzino principale, i luoghi ed i mezzi onde giungono al magazzino gli oggetti da custodirsi. Che direbbesi, per esempio, se in una città marittima si costruisse un magazzino inaccostabile dalle barche? Se da una strada di primo ordine si diramasse una stradicciuola al magazzino, impraticabile alle grandi vetture, o per le troppe pendenze, o per la ristrettezza della strada, o per le troppo acute risvolte?

L'ommettere tali avvertenze nelle costruzioni, equivale all'imporre una enorme tassa di mano d' opera al giornaliero esercizio.

Egli è perciò che nelle strade le meglio organizzate vedesi posto uno studio

particolare alla ubicazione dei magazzini. Se v' è una via navigabile, il magazzino è collocato per modo che, colle gru girevoli, i carichi vengano levati dalle barche e posti ad un tratto nell'interno del magazzino. Ed oltre che nell'interno del magazzino, le gru possono deporre i carichi sopra i carri scoperti, onde con questi direttamente portarli, senza altre manipolazioni, alle stazioni lontane.

È mirabile il vedere in tale proposito i magazzini privati e pubblici di Londra, di Liverpool, di Manchester. Depositi giganteschi di legnami o di pietre vengono serviti da due o tre uomini, perchè la facilità dei trasporti fu condotta all' ultima perfezione coll' aiuto dei mezzi meccanici.

Le gru collocate sulle sponde dei porti e dei doks prendono le merci dal fondo dei bastimenti, e quindi, secondo la loro natura ed il bisogno, le depongono o sul terreno o sopra carri scorrevoli sulle rotaie; talvolta, come al bacino di Dover, la gru è mossa da una macchinetta a vapore fissa sulla medesima gru, e ricevente il vapore dal centro della colonna; tal altra una rotaia pensile si protende sopra i bastimenti da scaricarsi, e su di essa scorre un argano. Le catene vengono calate nella barca, e quindi le merci sollevate e sospese vengono trasportate qua e là in ogni direzione del magazzino.

Mezzi così efficaci non saranno certo applicabili se non in circostanze speciali ai magazzini delle strade-ferrate; ma provano però ad evidenza i vantaggi grandissimi che può ricavarsi dal collocare i magazzini nei luoghi più opportuni per utilizzare le risorse che presentano le circostanze locali.

Rifornitore.

Siamo arrivati ad uno dei più indispensabili apparati per l' esercizio delle strade-ferrate, e che merita severi studii sotto ogni aspetto.

Preso nel senso dello strettissimo necessario, un rifornitore non consterebbe che di un recipiente collocato in alto con una tromba per l' elevazione dell' acqua, ed una manica per versarla nel tender. Tali sono in fatti i rifornitori di alcune stazioni intermedie o provvisorie; ma presa la parola nel più ampio senso, il rifornitore comprende tutti i locali notati sotto questo titolo nel quadro sinottico.

Noi parleremo specialmente dei rifornitori delle stazioni principali; ma prima faremo precedere un' importantissima considerazione generale, circa la scelta del luogo ove fabbricarli.

Se gl' ingegneri incaricati della distribuzione delle fabbriche e degli apparati di una strada-ferrata collocheranno i rifornitori col compasso a distanze prestabilite, senza farsi carico delle circostanze locali, arrischieranno di renderli o inservibili o dispendiosissimi, mentre con lievi modificazioni nelle distanze, potranno essere più opportunamente distribuiti in relazione al futuro esercizio.

Il primo studio pertanto che deve fare un ingegnere è quello di assicurarsi se vi sia acqua opportuna nel luogo ove devesi collocare il rifornitore, mentre senza questo egli esporrà le macchine a non poter viaggiare che un giorno o due invece di tre o quattro, e ciò sotto pena di veder in caso contrario combusto il fornello ed i tubi, che costituiscono più di un terzo del valore della macchina. Ed il ridurre alla metà il tempo necessario alle locomotive, equivale niente

meno che alla conseguenza, di dover raddoppiarne il numero. Quindi doppio capitale d'acquisto, doppie spese di riparazione, doppii locali, quasi doppio personale, ecc., ecc., ecc.

Tali sono i tristi effetti di un'originaria inavvertenza nella ubicazione dei rifornitori in luoghi forniti di acque impure cariche di sostanze calcari od argillose. E non solo alla caldaia si limita il danno nell'adoperarle, ma si estende al movimento. Di fatti, l'inevitabile effetto di un'acqua cattiva è quello di sorgere spumando, entrare nei cilindri e uscir dal tubo, e quando un tale difetto è abituale, in brevissimo tempo i cilindri sono consumati, le valvule di distribuzione sono corrose, e quindi bisogna lasciare per mesi le macchine fuor di servizio: lo che dà origine a spese enormi di riparazione.

Ma posto, a cose pari, che si trovi acqua buona, un'altra avvertenza essenzialissima devesi avere, quella cioè di collocare i rifornitori al piede delle ascese e non mai alle cime. Due sono i motivi: l'uno tecnico, l'altro economico.

Infatti, quand'è che una macchina può aver bisogno di rifornirsi? sempre prima di cominciare una salita, e non mai dopo giunta alla cima (a meno che non succeda dopo un'altra salita). La ragione è ben naturale, ove si pensi che le discese un po' forti si percorrono a regolatore chiuso, e quasi senza consumo d'acqua; mentre nelle salite il grande sforzo della macchina porta con sè un grande consumo di vapore, e quindi dell'acqua che lo produce. Il collocare adunque i rifornitori sui punti elevati è un preparare le provvigioni pel viaggio, dopo che questo è finito.

Ciò per la ragione tecnica. La ragione economica poi quella si è che nei luoghi depressi si trova sempre l'acqua a minor profondità di quello che nei luoghi elevati. E siccome la forza per elevar l'acqua è proporzionale all'altezza, così ad altezza doppia, doppia sarà pure, a pari effetto, la spesa d'elevazione, come pure maggiore è sempre anche la spesa di costruzione.

Noi abbiamo considerato fin qui il rifornitore rispetto solo alla sua più o meno opportuna collocazione. Convien ora passare ai locali ed apparati accessorii. E qui pure è indispensabile che l'architetto consulti il tecnico per la quantità a qualità delle stanze da costruirsi, poichè, notisi bene, l'importanza dei rifornitori non è in esatta proporzione coll'importanza dalla stazione, rapporto al movimento dei viaggiatori. Avverrà quindi talvolta, che per una stazione grande abbisogni un rifornitore piccolo, a per una stazione di quasi nessun momento abbisogni un rifornitore grande.

Siano dunque tutti i locali dei rifornitori determinati dietro la natura del servizio da farsi in ogni stazione, e ciò tanto per l'estensione, quanto per la forma.

Nel rifornitore si accendono le macchine, si vuotano e si lavano. Siano dunque allontanati i pericoli d'incendio da un lato, e si procuri un facilissimo scolo alla acqua dall'altro.

Finalmente, il rifornitore vuol esser ben collocato in relazione alle altre fabbriche della stazione. Devono quindi la macchina aver facile accesso dal rifornitore alla tettoia di partenza e di arrivo, alla rimessa delle locomotive, alle piattaforme.

Rimessa delle locomotive.

Prima di stabilire il numero, l'ampiezza, la forma e la situazione delle rimesse delle locomotive, deve l'architetto rilevare:

a) il numero di locomotive che saranno da ricoverarsi in ogni stagione;

b) il luogo più opportuno e la disposizione interna delle guide, onde ottenere che dalla rimessa ogni locomotiva possa togliersi col minor numero di movimenti possibile per esser condotta al rifornitore.

Dove ciò si ometta si vedranno le rimesse insufficienti al bisogno, e se mal collocate, convertite in magazzini o depositi di legname, di traverse o di combustibile.

È dunque indispensabile che nel progettare una rimessa, si conosca prima di tutto il numero di locomotive che dovrà contenere, mentre ciò varrà a determinarne l'ampiezza. Data poi l'ampiezza, bisogna studiare l'area della stazione, poichè da questo essenzialmente dipende la forma della rimessa medesima, nonchè gli spedienti cui non di rado si dovrà ricorrere onde ottenere facilità di accesso e di uscita per molte locomotive.

Fu invero quest'ultima circostanza che diede origine a tanti e sì svariati sistemi più o meno dispendiosi, più o meno soddisfacenti alle condizioni volute.

Se le locomotive da custodirsi sono quattro o sei, allora la rimessa è un fabbricato a due o tre rotaie interne, sulle quali si entra semplicemente per mezzo di scambii, e tale disposizione è opportunissima; ma se tale sistema applicar si volesse ad una rimessa per quindici o venti locomotive, ne verrebbe che dovendo far uscire una macchina che si trova nel mezzo, bisognerebbe prima spostarne altre molte, con gravissime perdite di tempo e di mano d'opera.

Stabilito il numero di locomotive da ricoverarsi secondo la capacità delle rimesse, e determinato il costo della rimessa coi relativi apparati, ecco risultarne il costo proporzionale ad ogni locomotiva, e quindi uno degli elementi del calcolo; specialmente quando, come abbiam detto, rimanga incerta la scelta pei riguardi dell'esercizio.

Qualunque sia poi il sistema adottato, devono esser fornite le rimesse di tutti quei locali accessorii ed apparati che il bisogno richiede, e quindi:

Una diramazione del rifornitore, affinchè ogni locomotiva possa essere provveduta d'acqua e riscaldata senza muoverla dal suo stallo;

Un locale d'alloggio pei macchinisti e fuochisti, o pel sorvegliante delle locomotive, secondo l'uso;

Un locale ove potersi eseguire le piccole riparazioni, fornito del fuoco necessario e dei relativi attrezzi, come di alcune morse, ecc. E siccome un focolare genera polvere e gaz nocivi ai metalli, così esso dovrà essere affatto isolato dalla sala delle locomotive.

Finalmente deve provvedersi per un facilissimo scolo delle acque pel caso di vuotamento delle caldaie; devesi procacciare una luce abbondante onde si possano accuratamente visitare e metter in ordine le locomotive pel viaggio; devesi pensare ad ampie e comode sortite pel fumo e pei vapori; in somma e tutto ciò che richiedesi e che è inerente ai bisogni dell'esercizio.

Rimessa per le carrozze.

Non dovremmo qui se non ripetere quasi intieramente quello che abbiamo detto riguardo alle rimesse delle locomotive, sia rispetto alle forme, sia per l'estensione, sia per le collocazione loro; pure alcune osservazioni torneranno utili se non necessarie. E prima di tutto giova por mente alla circostanza che le locomotive in generale si muovono quasi da sè, mentre le carrozze bisogna spingerle di ordinario a mano per introdurle e levarle delle rimesse.

Da ciò la necessità di collocare le rimesse vicinissime al centro del movimento, onde, occorrendo di attaccar carrozze ai convogli, si possono ritirare di là senza perdita di tempo e senza troppa fatica.

Se strettamente non si osserverà una tal condizione nel determinare la forma e collocazione delle rimesse, ne verrà che le carrozze resteranno esposte alle intemperie, e così alla spesa della fabbrica dovrà aggiungersi il deperimento delle medesime.

Ci si obbietterà forse, che le carrozze sono fatte per viaggiare, che sono guarentite dal coperto, quindi poco guasto possono risentirne. A tale obbiezione risponderemo:

1.° Quando le carrozze sono in viaggio, i passeggeri stessi hanno cura di tenere le invetriate chiuse, almeno dalla parte dove spinge la pioggia o la neve, e quindi l' acqua scorre esternamente senza penetrare nell' interno o rovinare gli addobbi; ma non così quando le carrozze sono nelle stazioni; se sopraggiunge allora un acquazzone, questo penetra pei vetri aperti, gonfia e scompone le commissure dei legni, e succedendo l' evaporazione, ne viene che la carrozza in poco tempo va guasta.

2.° Tutto compreso, le carrozze non viaggiano in generale neppure la metà del tempo destinato al servizio. Dunque, ove ammettasi che il deperimento loro sia più rapido quando sono esposte alle intemperie di quello che quando son riparate, ne verrà che ove si tengano al coperto nelle stazioni, la loro durata sarà pressochè doppia.

3.° Se le carrozze fossero costantemente in movimento, meno male, perchè si ha cura di ben visitarle e ripulirle quando arrivano alle stazioni; ma restando esposte delle settimane e forse dei mesi, specialmente nei tempi del minor movimento, i danni delle pioggie, delle nevi si vanno accumulando, e finiscono colla loro totale rovina.

Egli è per ciò, che molte strade munirono di tetto cinque, sei, otto rotaie, riducendo così insieme a tettoia ed a rimessa una gran parte delle stazioni. Tale sistema è senza dubbio assai dispendioso, ma è poi indubitato che due immensi vantaggi ne derivano: la conservazione dei veicoli e l' economia del servizio.

La rimessa delle carrozze è dunque allora l' istessa tettoia; e così infatti si pratica specialmente in Inghilterra.

Ma le tettoie non sono colà fabbriche cospicue, dispendiosissime, come ora divennero in alcuni luoghi del continente; sono eleganti capriate di ferro a due, tre e più ordini paralelli, coprenti tre o quattro rotaie al più per ciascuna, sostenute da eleganti colonnette di ghisa, e ricoperte di lamierino e di vetro. Esse sono alte nulla più di quanto lo richieda il libero passaggio dei treni, e così, mentre costano molto meno, difendono molto meglio. È rarissimo di vedere colà delle ampie campate, ove a prezzo d' oro si paga il piacere di non vedere sostentacoli fra le rotaie.

Conviensi però che talvolta abbianvi delle buone ragioni per evitare delle colonne intermedie nelle tettoie; ma quando? quando un piccolo spostamento delle guide, per lasciar posto alle colonnette, renderebbe, sotto altro rapporto, più dispendiose le costruzioni. Vediamo quindi con grata sorpresa la gran tettoia della stazione della strada da Vienna a Gloggnitz in Vienna, perchè ivi essendo collocate le guide all' altezza enorme di metri 6,50 dal suolo, ogni piccola dilatazione avrebbe portata una spesa forse maggiore per le murature inferiori. Altrettanto

dicasi della tettoia di Bristol, sulla grande linea occidentale inglese. Ma quando le stazioni sono quasi in pianura, quando il dilatare di poco i binarii porta l'unica spesa dell'acquisto di un po' di terreno, non giova sprecare enormi somme nella costruzione di colossali tettoie.

Un altro elemento che può influire nel determinare la forma delle rimesse, è, come già notammo, il sistema delle carrozze. Col sistema americano infatti men facilmente si combina di tenere le carrozze di scorta sopra rotaie parallelle a quelle dei treni viaggianti, poichè, non potendo adoperarsi le piattaforme ordinarie per l'eccessiva lunghezza di quelle, ne segue che i movimenti devono farsi intieramente a mezzo di scambii o di piattaforme grandi, poco adatte alle ordinarie tettoie, e quindi dovrebbesi fare un movimento di *va* e *vieni* con perdita di tempo e di lavoro. Egli è perciò che, ove sonosi adottate le carrozze americane, le rimesse sono in generale in testa delle tettoie, e con queste comunicano a mezzo di rotaie che vanno dall'una all'altra direttamente.

Caserma pei fuochisti; stanze pei macchinisti; caserma dei facchini, e stanza di ricovero pei conduttori.

Comprenderemo in un solo articolo questi locali necessarii al servizio tecnico, sebbene non sembrino a primo tratto di molta importanza. Egli è però un fatto che per avere un buon servizio bisogna che gl'impiegati abbiano tutti i comodi che valgano a migliorare la loro condizione. Il servizio sulle strade-ferrate è penoso, difficile e non di rado pericoloso. Se dunque al personale saranno negati quei conforti che richiedono specialmente i riguardi di salute, ne risulterà una quantità di ammalati, e anche quelli non decombenti torneranno svogliati e spossati.

Si tolga ad esempio un macchinista od un fuochista reduci da un viaggio di tre o quattr'ore sotto la neve. Se troveranno una stanza per starvi ad agio, pronti e volonterosi torneranno al servizio; in caso contrario, i meno diligenti cercheranno tutti i pretesti per sottrarsene, e, se forzati a riprenderlo, vi si presteranno con quella lena che si può immaginare; e i più diligenti e sprezzatori dei pericoli e dei disagi ammaleranno davvero.

Ciò che si disse dei macchinisti e fuochisti, dicasi anche dei conduttori e facchini delle stazioni; con questo di più, che il destinare una stanza ai conduttori è altresì richiesto dai riguardi dell'ordine. Infatti, ogni conduttore deve avere un sito apposito per depositarvi la valigetta, i fanaletti, le banderuole, la cornetta e tutti gli altri arnesi di servizio.

Errore gravissimo è dunque quello di dimenticare nelle costruzioni delle principali stazioni i locali sovraccennati, come quelli che altamente influiscono sul ben essere degli impiegati, nonchè sulla economia ed esattezza dell'esercizio.

Dato l'uso cui devono servire, dato il numero delle persone che rispettivamente devono contenere, è quindi facile all'architetto il determinarne l'ampiezza e la forma.

Quanto alla distribuzione loro, ci limiteremo a dire che essi devono essere vicini al centro del movimento, e, nel caso che fossero separati, quelli dei facchini e conduttori dovranno essere prossimi alla stazione dei passeggeri; quelli dei macchinisti e fuochisti vicini al rifornitore od alla rimessa delle locomotive, anzi formanti parte dell'uno o dell'altra.

Non ci estenderemo a parlare dei locali pegli officii ed alloggi, come quelli

che variano notabilmente, secondo i sistemi di esercizio adottati nei varii paesi, e la cui importanza è in generale secondaria. Abbiamo voluto però accennarli, perchè ad essi pure l'architetto deve aver riguardo nel progettare le stazioni. Vi sono infatti degl' impiegati che reclamano un posto determinato, come, per es., quello che ha l' immediata direzione dei movimenti. La sollecitudine delle disposizioni, la prontezza del servizio richiedono che tale stanza sia immediata alla tettoia; poichè mal converrebbe un più lungo tragitto per andare dalla tettoia all' officio, e ne deriverebbe perdita di tempo e un danno sensibile alla prontezza dell' esercizio.

SERVIZIO MERCI.

Un solo magazzino per le merci non basta sempre in ogni località, nè la collocazione del medesimo rispetto alla stazione può essere la stessa in ogni caso. V' hanno delle circostanze che possono farne variare d' assai e la forma ed il sito, dove si voglia che esso serva bene all' uopo, e che si approfitti delle risorse che presentano le circostanze locali.

Che si direbbe infatti, se in un porto di mare si collocassero i magazzini delle merci in sito non accostabile dei bastimenti? Che si direbbe se una strada portasse al mare dei carboni fossili, delle calci, delle legna od altre merci alla rinfusa, e non si facesse correre una rotaia pensile sopra l'acqua, onde, senza punto di mano d' opera, scaricare le merci nelle sottoposte barche, ovvero nei sottoposti magazzini, qualora la strada fosse sufficientemente elevata?

Molti sono adunque i riguardi da aversi nel designare i magazzini delle merci d' una strada-ferrata, e noi crediamo di non andar errati classificandoli nella seguente maniera:

a) La quantità delle merci da trasportarsi e la qualità rispettiva;

b) le altre vie di comunicazione del paese per terra e per acqua;

c) le pratiche doganali;

d) la prontezza del carico e scarico;

e) la facilità della locomozione.

Magazzini in relazione alla qualità e quantità delle merci.

La quantità dei movimenti giova a determinare l' ampiezza dei magazzini; ma questo non basta; anche la qualità delle merci da trasportarsi esercita una grande influenza. Vi hanno infatti merci che deperiscono esposte alle intemperie le quali richiedono magazzini ben riparati ed assicurati; v' hanno invece altre merci cui basta un cancello per contenerle, ed al più un tetto per ricoprirle. V'hanno delle merci la cui vicinanza può tornare nociva le une alle altre, e quindi vogliono essere collocate assolutamente divise. Così, a modo d' esempio, se una strada conducesse in quantità calce viva, torbe, carboni fossili, o coke, non potrebbero al certo queste materie collocarsi nello stesso deposito dei tessuti, dei coloniali, ecc.

Queste sole considerazioni ci sembrano provare abbastanza, che prima di costruire i magazzini bisogna attentamente studiare il movimento probabile rispetto alle quantità delle merci e alla loro qualità.

Che se ciò non potesse con qualche fondamento determinarsi, meglio sarebbe costruire dei magazzini provvisorii, fino a che, conosciuta la varia natura dei movimenti, si potessero costruire stabilmente.

Più volte abbiam detto come i carichi e scarichi tornino a rovina delle merci rispetto alla qualità ed al prezzo.

Dunque, l'arte dei trasporti ha per prima base quella di diminuire il numero di carichi e scarichi; e ciò si ottiene congiungendo le vie di comunicazione.

L'ingegnere che deve progettare un magazzino di merci, se vuol provvedere all'interesse e della strada e del commercio, non deve ommettere uno studio profondo sul miglior modo di soddisfare a questo essenzial requisito. Se dunque una città è lambita dal mare, al magazzino delle merci devono approdare i bastimenti; se vi è un canale navigabile, il magazzino delle merci deve porsi in comunicazione diretta con esso; se vi sono grandi strade carreggiabili, il magazzino merci dev'essere praticabile dai carri della maggiore portata, e da esso, senza acute risvolte, senza forti pendenze, devono i carri poter comunicare liberamente colle strade anzidette. Che se trattasi di due strade ferrate, queste devono mettersi in diretta comunicazione, affinchè passino i carri, senza scaricarli, dall'una sull'altra. A ciò non si pensava nell'infanzia delle strade-ferrate, e quando si applicarono guide di larghezza arbitraria. Ed ora si paga a caro prezzo l'errore commesso; poichè nuove strade rivali rapiscono alle prime quel movimento di merci, da cui avrebbe potuto dipendere la loro prosperità.

Bisogna badare anche alle pratiche doganali nella costruzione dei magazzini, specialmente nelle stazioni di confine. Costruiti i magazzini senza riguardo ad esse, accaderà sovente di dover muovere due o tre volte inutilmente le merci con perdita di danaro, di tempo e con grave danno talvolta alle merci medesime.

Qualora si consideri alla quantità di merci che vanno soggette alle pratiche doganali, è facile convincersi che l'ommissione di tali riguardi può sola bastare a sviare il transito delle merci stesse, le quali vengono spedite con altri veicoli che le ricapitano direttamente alle dogane.

Torna quindi indispensabile: o provvedere affinchè dai magazzini alle dogane si comunichi direttamente colla stessa strada-ferrata, o fare una dogana nei medesimi magazzini.

Il primo partito fu adottato nella stazione della I. R. strada-ferrata in Praga, e fu suggerito dall'illustre ingegnere Giulio Sarti, quando, fino dal 1839, costruiva la strada-ferrata da Milano a Monza. Dotato egli di molta perspicacia, penetrando nell'avvenire, prendeva a considerare qual sorgente di ricchezza e di prosperità commerciale fossero destinate a procacciare le nuove vie di comunicazione, ch'erano ancora incipienti. Considerava la strada che costruiva come destinata non solo ai piaceri e al diporto dei milanesi, ma come un filo di quella rete che dovea riunire le provincie lombardo-venete; mentre il principale suo pensiero era quello della futura prosperità al commercio. Egli voleva quindi che, penetrando con un ramo parallelo al Naviglio, si facesse quella giongere fino a San Marco, e colà si costruisse una nuova e grandiosa dogana, la quale riunisse in un centro le grandi vie di comunicazione, cioè i navigli, le strade carreggiabili e le strade-ferrate.

Quale vantaggio, qual nuova vita commerciale sarebbero da ciò derivati, è facile l'immaginarlo, ora che il movimento delle merci sulle strade-ferrate ha dovunque superata di molti doppii l'aspettazione.

Ma torniamo all'argomento da cui ci siamo un poco scostati.

Il secondo partito, quello è dunque di fare del medesimo magazzino una dogana. Ma se tutto il magazzino sarà convertito in dogana, il movimento delle merci sarà anch'esso vincolato in maniera troppo al commercio dannosa. Il

rigore infatti delle camerali discipline vuole che il movimento delle merci nelle dogane sia sottoposto a rigorose pratiche di controlleria e di sorveglianza, pratiche inconciliabili col rapido movimento ch'esse devono subire all'atto del carico e scarico dei convogli.

Il riparto del magazzino doganale dev' essere adunque intieramente segregato da quello delle merci libere; ma, notisi bene, la segregazione non dev' esser tale da obbligare ad inutili movimenti le merci.

Il magazzino di dogana sarà quindi immediato al magazzino della strada-ferrata, e le comunicazioni dell' uno e dell' altro saranno tali che le merci non abbiano ad allungare sensibilmente la strada.

Ed un' altra divisione sarà da farsi, per le merci che arrivano e le merci che partono, i cui riparti saranno anch' essi segregati, perchè non ne derivino dannosissime confusioni.

Quattro grandi separazioni costituiranno adunque i magazzini delle merci:

1.° magazzino doganale } pelle merci che
2.° magazzino libero } partono:
3.° magazzino doganale } pelle merci che
4.° magazzino libero } arrivano.

Ma tali riparti assumeranno anch' essi proporzioni e forme del tutto diverse, pel vario trattamento daziario delle merci che entrano nello Stato, in confronto a quelle che escono; come per la natura medesima delle merci stesse di esportazione e d' importazione.

Starà dunque nel criterio dell'ingegnere il combinare tante opposte esigenze, tutte essenziali, ove si abbia in mira la facilità e l' economia dell' esercizio, e quindi il bene maggiore del commercio, elemento così potente di sociale prosperità.

Motori

Dei cavalli.

Sulle strade-ferrate impiegaronsi sino ad ora, e di preferenza, i seguenti motori:

1.° La forza animale,

2.° La forza meccanica delle macchine a vapore,

3.° La pressione atmosferica.

Il primo di questi mezzi fu da principio adoperato esclusivamente, ma al giorno d' oggi viene surrogato in quasi tutte le strade-ferrate dalle macchine locomotive. L' uso dei cavalli si limita al presente alle ferrovie d' un interesse privato, e ad alcune poche strade-ferrate che servono in massima soltanto al trasporto di mercanzie.

Nel secolo attuale furono tanto rapidi i progressi della civilizzazione, che un periodo di pochi anni bastò per rendere insufficienti le massime velocità conseguibili coi cavalli, e si dovette sostituir loro sulle ferrovie le macchine locomotive, ogni qual volta l' affluenza di passeggeri fosse abbastanza considerevole da permettere, senza perdite, l'impiego di questi motori. Egli è in fatto a conoscenza di tutti, che gli animali non si prestano, con lo sviluppo della forza di cui sono suscettibili, a raggiungere i varii gradi di velocità proprii delle macchine, nè a conservarli con uniformità, mentre sono limitati ad una celerità relativa alla loro organizzazione, e che corrisponde al massimo effetto meccanico per essi conseguibile.

La velocità che corrisponde al massimo dell' effetto utile fornito da un cavallo in una giornata di lavoro, fornì argomento alle ricerche di un gran numero di dotti e di pratici; essa non differisce gran fatto dal limite d' un metro

per minuto secondo: lo che accostasi all' estensione e alla durata del passo dell' uomo.

La forza che si può ottenere da un cavallo, varia a seconda della celerità colla quale si utilizza la quantità di moto ch' esso è suscettibile a sviluppare; a norma della sua costituzione fisica, della sua età, della sua abitudine al genere di lavoro cui è destinato, del modo con cui vien nudrito e dello spazio di tempo che ne consuma la vita, assoggettandolo ad una fatica che ne determina il deperimento in un periodo più o meno lungo.

In generale, si misura l'effetto dei motori, riferendolo al numero di tonnellate ch' essi possono sollevare in un tempo dato, all' altezza di un metro: unità di confronto cui si diede il nome di dinamia.

Il massimo effetto dinamico che possa sviluppare un cavallo in una giornata, quando lo si consideri indipendentemente dalla velocità, sembra corrispondere, dietro gran numero d' osservazioni, alla velocità di $0^{m},88$ per minuto secondo. Al di sopra od al di sotto di questo limite, l' effetto è sempre minore, poichè nell' uno di questi casi l' ambio dell' animale viene inceppato dalla lentezza del suo moto di traslazione, mentre nell' altro, una parte delle sue forze viene impiegata nel suo movimento a danno dell' effetto utile.

La quantità di potenza meccanica ottenuta con un mezzo qualunque, essendo misurata dalla massa posta in movimento moltiplicata per la velocità con cui vien mossa, se ne deduce la conseguenza, che il peso cui un cavallo potrà muovere, sarà sempre in ragione inversa della velocità impressagli, e la pratica ha insegnato di dare ai cavalli un carico tanto più piccolo quanto maggiore è la velocità che si vuole conseguire. L' eccesso di fatica però, che prova l' animale in seguito a tale acceleramento del suo cammino, gli permette di sostenere questo movimento soltanto per un dato tempo, che decresce in proporzione all' aumento di velocità.

Quando il cavallo appartiene a una razza naturalmente atta al corso, e fu dalla sua prima età addestrato a questo esercizio, esso sostiene molto più lungamente l'eccesso di fatica inerente all' acceleramento dei suoi movimenti; ma lo sforzo necessario per trasportare il proprio corpo con una velocità considerevole, esaurendo una parte delle sue forze, non gli permetterà mai di avvicinarsi ai risultati dinamici conseguibili con un movimento moderato.

Riportiamo qui i risultati ottenuti dagl' Inglesi dietro un gran numero d' esperienze a varie velocità, quali ci vengono offerti dal sig. Walker:

Un buon cavallo potrà correre sopra una buona strada per 32 chilometri, colla velocità di 4000 metri all' ora e trasportando 1,600 chilogram., compreso il peso della vettura.

Colla velocità di 10,000 metri all'ora, e riposandosi ad ogni 6,000 metri, esso trasporterà 900 chilogrammi a 25 chilometri.

Colla velocità di 16,000 metri, trasporterà 500 chilogrammi soltanto, a 16 chilometri.

Essendo assai varia la costituzione fisica dei cavalli, ed influendo una quantità d' altre cause sulla quantità di potenza meccanica ch'essi sono suscettibili a produrre in un tempo dato, riesce difficile di stabilire un limite qualunque da potersi considerare quale unità atta a rappresentarne la forza; ragione per cui, le valutazioni date dai diversi autori, devonsi considerare come medie, gli estremi

dalle quali vanno soggetti a varianti abbastanza considerevoli.

Le sperienze, intraprese allo scopo di valutare la forza dei cavalli, possono essere di pratica utilità allora soltanto quando sieno state fatte in gran numero, e presentino il risultato d' un servizio regolare sostenuto durante un lungo tratto di tempo. Le sperienze parziali sono sempre esposte al pericolo di assumere il carattere di speciali circostanze, atte a complicare i risultamenti facendoli variare in ragione della forza individuale, dello stato di salute, e d'altre cagioni, che scompaiono in un servizio di grandi proporzioni.

Comunemente, si calcola la forza d'un cavallo eguale ad un peso di 75 chilogrammi, innalzato ad un metro d'altezza in un minuto secondo, durante otto ore: lo che equivale ad un lavoro rappresentato in chilogrammi alzati ad un metro, espresso da :

$$75 \times 8 \times 60 \times 60 = 2{,}160{,}000 \text{ chilogrammi,}$$

ossia 2160 dinamie.

Questo dato è senza dubbio troppo elevato, e sembra piuttosto essere il risultamento d' una convenzione propria a servire di comparazione, anzi che il risultato medio d' esperienze fatte sopra un gran numero d' individui.

Sulla strada-ferrata di Saint-Étienne in Francia, il lavoro dei cavalli è ben lontano dal raggiungere questa cifra; come emerge dai risultati ottenuti in epoche e condizioni differenti, da Seguin, come segue :

Il peso d' un carro vuoto ascendeva a 1200 chilog.; il prezzo di trasporto pagato agl' imprenditori per la traslazione d' un carro vuoto era eguale a quello d' una tonnellata di mercanzia. I calcoli che seguono sono basati sul numero dei carri vuoti e delle tonnellate di merci che furono rimorchiate in una data epoca sul tronco di strada-ferrata fra Givors e Saint-Étienne.

1.° Sulla prima sezione, dal punto di caricazione a Givors, sino all' ingresso del tunnel presso Lione, sopra un tratto di 17,000 metri, i cavalli trasportavano in una giornata due carri carichi, in termine medio, di 3,300 chilog., e li riconducevano vuoti a Givors.

La potenza meccanica sviluppata era quindi :

Per la resistenza dovuta all' attrito:

(3300 + 1200) × 2 × 0,005 × 17000 765,000

Per la resistenza dovuta alla gravità, elevandosi la massa a 10 metri, distanza verticale fra Givors e Lione:

4500 chilog. × 2 × 10. 90,000

Pel ritorno da Givors a Lione:

1200 × 2 × 0,005 × 17000. . . 204000 }
meno per la gravità, } 180,000
2400 chilog. × 10 . . . . 24000 }

1,035,000.

Lo che dà per la giornata di lavoro d' un cavallo 1,035 dinamie, equivalenti a chilog. 30,3 durante 5h 44; con una velocità di 0m,88 per minuto secondo.

Come ben si vede, questo risultato è molto al di sotto della cifra comunemente adottata nei calcoli. Il prezzo del fieno in quell' epoca era di 150 fr. alla tonnellata, quello dell' avena di 300 fr., e le giornate dei cavalli venivano pagate in ragione di 6 fr., vale a dire, un franco al di sopra del prezzo ordinario. Pochi erano i cavalli capaci di trascinare due carri, e gl'imprenditori erano obbligati a proporzionare il carico alle loro forze, formando convogli più considerevoli ed aumentando il numero dei cavalli, in guisa che il carico per ogni cavallo veniva ridotto a meno di due carri.

I trasporti costavano quindi alla società, per ogni tonnellata di mercanzie trasportata a un chilometro di distanza, a

$$\frac{6}{2 \times 3,300 \times 17} = 0^{fr.},0534.$$

Più tardi, essendo ribassato il prezzo del fieno da 70 a 80 fr. la tonnellata, e quello dell' avena da 175 a 2.0 fr., si potè ridurre il prezzo di trasporto a fr. 2:50 per carro, e quindi a fr. 0,0427 per tonnellata e chilometro.

2.° Sulla seconda sezione della ferrovia, da Givors a Rive-de-Giers, dove il lavoro era più regolare e meglio organizzato, il prezzo medio della giornata d' un cavallo era di 5 franchi. Durante un periodo di sei mesi, cioè dal novembre 1834 al marzo 1835, il prezzo del fieno salì a 150 fr. la tonnellata, e quello dell' avena a 300 fr.; a quest'epoca, i trasporti da Givors sino all'entrata del tunnel di Rive-de-Giers, sopra un tratto di 13,500 metri diviso in due stazioni, venivano pagati in ragione di fr. 2:50 per stazione, calcolando per ogni cavallo, carri vuoti o tonnellate di merci, nella proporzione di cinque carri per una tonnellata.

Lo sforzo totale esercitato da ogni cavallo diveniva allora:

Per la resistenza dovuta all'attrito:

(1200 $\times$ 4 $\times$ 1000) $\times$ 0,005 $\times$ 13500 . . . 391,500

Per la resistenza dovuta alla gravitazione, chil. 5800 $\times$ 70^{m}, altezza verticale dell' avallamento del tunnel al di sopra di Givors 406,000

797,000.

Percorrendo i cavalli ordinariamente due stazioni e mezzo al giorno, il loro lavoro quotidiano viene rappresentato dalla cifra:

$$797,500 + \frac{797,500}{4} = 991,875 \text{ chilogrammi,}$$

pari a 992 dinamie, pel prezzo di franchi 6:25; più, il ritorno senza carico per un tratto di 13,500 metri discendendo una china di 5 a 6 millimetri per metro; lo che rappresenta un lavoro utile di chilog. 61,30 durante ore 5 e 20 minuti, con una velocità di met. 0,88 al minuto secondo.

L'elevato prezzo dei fieni e dell'avena non lasciava all'imprenditore un sufficiente margine nei guadagni, poichè ogni cavallo consumava giornalmente pel nutrimento:

chilog. 10 di fieno a fr. 150 . . . . fr. 1,50
» 10 d'avena a » 300 . . . . » 3,—

fr. 4,50;

ragione per cui egli giudicò essere di suo interesse di sacrificare la durata dei cavalli per esigerne un lavoro più considerevole.

Venivano impiegati da lui 75 cavalli all'incirca, del valore di 5 a 600 fr. l'uno; il numero dei viaggi giornalieri fu portato a tre ed anche a quattro: lo che rappresentava circa 1200 dinamie. La perdita dei cavalli sorpassò in allora il limite ordinario; ne morivano in medio due al mese, e quindi la loro vita media era ridotta ad anni tre, e la perdita dell'animale entrava con fr. 0,50 nelle spese di trasporto. Questo risultato prova, che in tali circostanze il massimo di lavoro quotidiano del cavallo non poteva oltrepassare le 1200 dinamie.

Durante il periodo successivo, da marzo a settembre 1835, il prezzo del fieno fu di 80 fr. la tonnellata, e quello dell' avena di fr. 200. I prezzi furono ridotti a fr. 2,00, ed il numero delle stazioni da percorrersi a 2 1/2 per giorno e per cavallo; ragione per cui il lavoro dei cavalli, la loro durata e gli utili dell' imprenditore rientrarono nei soliti limiti.

3.° Sulla terza sezione della strada stessa, da Saint-Chamond al ponte dell'Asino,

sopra un tratto di 9000 metri, il lavoro dei cavalli fu di 2 carri vuoti (o due tonnellate di merci) al prezzo di un franco, in una proporzione che rappresentava un carico medio di 3000 chilogrammi.

Constando la giornata del cavallo di due viaggi, si può rappresentarla con un'azione di:

$3000 \times 0{,}005 \times 9000$ 135,000

per la resistenza dovuta all'attrito,

e 3000×123 369,000

per la resistenza dovuta all'elevazione della massa, da Saint-Chamond sino Terre-Noire, situata 123 metri al di sopra del livello della città anzidetta.

504,000;

e quindi per due viaggi:

$$504 \times 2 = 1008 \text{ dinamie};$$

oppure, 56 chilogrammi, trasportati durante 5°40' con una velocità di 0,^{m}88 al minuto secondo. Lo sforzo medio di un cavallo era quindi eguale a

$$\frac{50{,}30 + 61{,}30 + 56}{3} = 53{,}50 \text{ chilog.}$$

ed il risultato della giornata, di

$$\frac{1035 + 991 + 1200 + 1008}{4} = 1058 \text{ dinamie};$$

lo che riduceva il prezzo medio di una dinamia a:

$$\frac{5}{1058} = \text{fr. } 0{,}00472,$$

ossia all'incirca, a mezzo centesimo.

Anche Montgolfier considerava esagerato il lavoro che generalmente viene attribuito al cavallo. Egli avea fatto gran numero d'osservazioni, che lo condussero a stabilire pel lavoro d'un cavallo la formola,

$$70{,}000 \times 0{,}03428 \times 0{,}32484 = 777 \text{ dinamie per giornata.}$$

Queste differenze in meno, rispetto agli ordinarii apprezzamenti della prestazione del cavallo, dipendono certamente da particolari circostanze d'abitudine o locali, che potrebbero unicamente servire di comparazione in casi analoghi nei quali s'avessero ad impiegare questi animali al servizio delle strade-ferrate.

I cavalli offrono il vantaggio di prestarsi con facilità molto maggiore nel vincere le pendenze, in confronto delle macchine; poichè la quantità di forza da essi sviluppata essendo relativa alla loro velocità, si può aumentare la prima diminuendo la seconda; la fatica cui soggiacciono resta, entro certi limiti, sempre approssimativamente eguale. Lo stesso non ha però luogo colle macchine, poichè la quantità di vapore generato è sempre la stessa, e la porzione che ne viene impiegata, e che rappresenta la quota della forza meccanica sviluppata dalle medesime, è relativa alla loro velocità; di modo che non havvi modo di stabilire una compensazione.

Da quanto si è detto, puossi conchiudere che, per le strade-ferrate di piccola estensione, eseguite con economia nell' interesse particolare, e che seguono entro limiti determinati le inflessioni del terreno, torna meglio l' uso dei cavalli, in confronto delle macchine locomotive.

Conviene però in tutti i casi scegliere fra l' uno o l'altro di questi motori, poichè il servizio simultaneo di cavalli e locomotive offre anche lo svantaggio di dover frapporre ognora lunghi intervalli fra i treni a cavallo e quelli a macchina, stante la differenza considerevole di velocità fra le macchine ed i cavalli. Seguin avea perciò organizzato l' esercizio misto sulla strada-ferrata di Saint-Étienne, in un'epoca in cui vi avea scarsezza di locomotive, facendo il servizio notturno coi cavalli, e quello di giorno colle locomotive.

MACCHINE LOCOMOTIVE A VAPORE

Storia.

A ciò che abbiamo detto precedentemente ed in via generale intorno alla origine delle locomotive, aggiungiamo le seguenti notizie più particolareggiate.

Nel 1759, il dottor Robison, che fu poscia professore di storia naturale all' università di Glascovia, e che allora era soltanto semplice studente, pensò a dissa: che si potrebbe far uso della macchina a vapore per mettere in moto le ruote dei veicoli.

Il primo ingegnere che cercasse di realizzare questa idea fu il francese Cugnot (Nicola Giuseppe), nato a Void in Lorena il 26 febbraio 1725, e morto a Parigi il 10 ottobre 1804. Nel 1769, egli costruì infatti a Parigi un carro messo in moto da una macchina a vapore composta di due cilindri ad effetto semplice. Nelle prime prove di locomozione questa macchina portava quattro persone, e procedeva in ragione di 1800 a 2000 tese per ora, sopra una strada comune. Tali sperimenti, fatti alla presenza del duca di Choseul, allora ministro della guerra, del generale Gribeauval, primo ispettore-generale d'artiglieria e di molte altre persone, sembrarono soddisfacenti abbastanza per indurre il governo a far eseguire a spese dello Stato, nella fonderia di Strasburgo e nell'arsenale d' artiglieria di Parigi, una macchina capace di portare 8 a 10 migliaia. Questa macchina fu effettivamente compiuta verso la metà dell'anno 1771. Nuovi esperimenti intrapresi nel 1770 aveano dato risultati più favorevoli dall' anno precedente; tuttavia l' inventore non avendo trovato il mezzo di ben dirigere la macchina, cessò dal continuarli.

Essa macchina figura ancora nella Collezione del Conservatorio d' arti e mestieri a Parigi.

Nell' anno 1772, in Filadelfia, Oliviero Evans occuparasi nel sostituire congegni meccanici ai cavalli pei trasporti sulle strade comuni; e nel 1786 chiedeva presso gli Stati di Pensilvania il privilegio per l' applicazione del vapore ai mulini ed ai veicoli. Nel 1804 costrui la prima carrozza a vapore che gli Stati-Uniti abbiano veduta, e la fece agire per le strade di Filadelfia.

Nel 1784, Watt prendeva una patente in Inghilterra per l' applicazione della macchina a vapore alle carozze comuni (1).

Nel 1802, Trevitik e Vivian, in Inghilterra, emisero la stessa idea; e due anni più tardi, cioè nel 1804, l'applicarono alla costruzione di una macchina che fecero correre sulla strada-ferrata di Marthyr-Tydoil, per ovviare alle difficoltà d' ogni genere che presentava il suo uso sulle strade comuni.

La macchina di Travitik e Vivian non aveva che un solo cilindro applicato orizzontalmente; lo stantuffo trasmetteva il suo moto alle ruote col mezzo di una biella e due ingranaggi; il cilindro aveva $0^{m}207$ di diametro e $1^{m}37$ di corsa. Con questa macchina essi poterono rimorchiare un carro di dieci tonnellate sopra una lunghezza di chilometri 14 1/2 e con la velocità di 8 chilometri per ora, senza rinnovar l' acqua contenuta nella caldaia. L' opinione allora dominante era: che si incontrerebbero difficoltà insuperabili pella mancanza di aderenza delle ruote sulla superficie liscia della rotaia, e questo fu il principale ostàcolo a qualunque applicazione ulteriore. Dagl' inventori stessi fu consigliato di praticare sul quarti delle ruote delle scanalature trasversali, delle scabrezze, affinchè quelle potessero far maggior presa sulle guida di ferro; essi giunsero finanche a proporre l'uso di cavicchie od unghie aduuche che prendessero il loro punto d' appoggio e di resistenza sul suolo. Questi primi tentativi non bastarono però ad estendere l' applicazione del vapore al trasporto sulle strade-ferrate, che cominciavano a svilupparsi in Inghilterra pel servigio delle miniere di carbon fossile.

Nel 1811, Blenkinsop costrui, per la strada-ferrata da Middleton a Leeds, macchine locomotive nelle quali le ruote altra funzione più non avevano che di sostenere l' apparecchio. Una delle guide di ferro portava lateralmente una spranga dentata sulla quale ingranavano i denti di una ruota, messa in moto da due rocchetti, armati ciascuno d' una manivella, e spinti da una biella collegata allo stantuffo di un cilindro verticale collocato sulla caldaia. Le due manivelle erano messe ad angolo retto per facilitare il passaggio degli stantuffi nel punto morto. La caldaia, lunga $2^{m}50$, conteneva un tubo interno che serviva di focolare e che metteva capo nel cammino. Queste macchine hanno servito per più di dodici anni al trasporto del carbon fossile.

Nel 1812, Guglielmo ed Edoardo Chapman sostituirono alla spranga dentata una catena posta nel mezzo della via e che passava sopra una ruota dentata fissa alla macchina, e messa in moto dal vapore. Proposero eziandio l' uso d' una macchina ad otto ruote, messe in moto da una serie d' ingranaggi dipendenti da un rocchetto, in rapporto coll' azione di due cilindri. Gli sperimenti furono intrapresi sulla strada-ferrata di Heston.

(1) Recentemente venne presentato alla Società inglese degl' ingegneri civili il modello della locomotiva costruita in quell' epoca da Boulton, socio di Watt.

Nel 1813, Brunton tentò d' adoperare come punto d' appoggio sul suolo un sistema di due gruccia, che avevano per oggetto di adempiare la stessa funzione dalle gambe d' un cavallo; un accidente sopravvenuto alla caldaia ch' era di ghisa, impedì però di progredire lo sperimento.

Nella stessa epoca Blackett, dopo numerose sperienze eseguite sulla strada-ferrata di Welam, dimostrò che l' attrito o l' *aderenza* delle ruote olle guide di ferro forniva un punto d' appoggio sufficiente; e questo principio combinato col l' uso di due cilindri di Blenkinsop, divenne la base del sistema di locomozione che prese in questi ultimi anni uno sviluppo tanto considerevole. Cugnot aveva bensì adoperato due cilindri nel suo carriaggio a vapore, ma i due cilindri erano ad effetto semplice, ed il giuoco dei due stantuffi era necessariamente alternativo; essi trovavansi tutti e due ad un tempo ad una delle due estremità della corsa; mentre, nella macchina di Blenkinsop, essendo le due manovelle infisse sopra uno stesso asse, uno degli stantuffi era alla metà della corsa, quando l' altro giungeva all' estremità. Questa disposizione assicurava il viaggio e la continuità del moto nelle piccole velocità. Aggiungasi, che il principio meccanico delle manovelle incruciate era noto a quest' epoca.

Giorgio Stephenson costruì per la miniera di carbon fossile di Killingworth, durante l' anno 1814, una macchina a quattro ruote, accoppiate col mezzo di una catene perpetua avvolta sopra due ruote dentate, portata nel mezzo di ciascuna sala. Un cilindro era posto verticalmente sulla caldaia, sopra ciascuna sala, e le comunicava il moto mediante due bielle verticali applicate alle estremità di una traversa, come nella macchina di Trevitick e Vivian; il giuoco dei due stantuffi era incrociato. Questa macchina rimorchiò, sopra una pendenza di o^m,002 per metro, un peso di tonnellate 30 1/2, con una velocità di chilometri 6 1/2 per ora. La caldaia era cilindrica, aveva 2^m,44 di lunghezza ed 1^m,86 di diametro; era attraversata da un tubo interno di 1^m,51 di diametro, contenente il focolare; i cilindri avevano o^m,20 di diametro e o^m,61 di corsa.

Nel 1815, egli costruì una nuova macchina appoggiata sullo stesso principio, ma che aveva fra le due sale dipendenti direttamente dai cilindri, una terza sala legata alle due prime con una catena perpetua. La macchina era sospesa sulle sale col mezzo di cilindri, contenenti ciascuno uno stantuffo solidario colla scatola da grasso, e compresso sulla superficie superiore dall' acqua dalla caldaia; questa disposizione aveva per effetto di alleviare le scosse e di far compiere al vapore l'ufficio di una molla. Fino al 1830, queste macchine conservarono una superiorità decisa su tutte quelle che furono costruite nello stesso periodo di tempo, in grazia dei miglioramenti che l'autore in esse introdusse. La sala intermedia fu soppressa; la catena perpetua venne sostituita da una biella d'accoppiamento esterno; delle molle d'acciaio furono applicate per sospendere la caldaia ed il meccanismo sulle sale. Una tromba premente, legata ad una delle traverse dalle quali dipendevano le bielle motrici, fu disposta per rinnovare l' acqua della caldaia attingendola in una cassa posta sul forgone d'approvigionamento. Le ruote coi mozzi e raggi di ghisa erano cerchiate di ferro; i distributori erano dipendenti dagli eccentrici. Queste macchine così perfezionate pesavano circa 10 tonnellate col loro approvigionamento e rimorchiavano un peso di 30 tonnellate, compresovi quello

dei carri, ad una velocità di 10 chilometri per ora. La mira dei costruttori dovette essere naturalmente quella di aumentare la dimensione delle caldaie; ma si raggiunse ben presto il limite del peso che comportava la debole dimensione delle rotaie allora adoperate.

Nel 1825, Hacworth introdusse un miglioramento importante nel meccanismo, disponendo i cilindri lateralmente alla caldaia, e facendoli agire tutti e due sulla stessa sala, conservando le bielle esterne d'accoppiamento per rimandare il moto all'altra sala, e far concorrere l'aderenza delle sue ruote alla produzione del moto.

La macchina locomotiva era giunta nel 1825 ad uno stato di progresso soddisfacente, comparativamente al punto di partenza; ma la potenza era limitata dalla dimensione delle caldaie, che non potevano produrre se non un'assai debole quantità di vapore; restava ancora un passo considerevole da farsi. Un ingegnere francese, Séguin seniore, direttore della strada-ferrata da Lione a Saint-Étienne, avea fatto venire a quell'epoca una macchina locomotiva d'Inghilterra. Dopo numerose osservazioni ed esperienze frequentissime sui mezzi proprii ad aumentare la potenza della vaporizzazione di queste macchine, e quindi la loro velocità, immaginò di sostituire al bollitore interno un gran numero di tubi di piccolo diametro e di tenue grossezza; aumentò pure in proporzione considerevole la superficie di contatto dei gas caldi prodotti dalla combustione, coll'acqua che doveva esser ridotta in vapore. Non bastava l'aumentare la superficie di riscaldamento, bisognava altresì accrescere l'attività della combustione che la corrente naturale, in un cammino di dimensioni forzatamente ristrette, lasciava insufficiente. Egli fece uso d'un ventilatore messo in moto dall'azione della macchina stessa, che collocò dapprima sotto il focolare, poi nel cammino; prese una patente in Francia il 20 dicembre 1827 per la realizzazione di queste due idee, delle quali fece egli stesso l'applicazione. Solo due anni dopo, nel concorso aperto sulla strada-ferrata da Liverpool a Manchester, R. Stephenson, figlio di Giorgio, fece in Inghilterra l'applicazione del principio dei tubi da fumo, che Booth, tesoriere di questa strada-ferrata, aveva da parte sua immaginato e proposto.

Il ventilatore di Séguin seniore era poco comodo e traeva seco diversi inconvenienti. Egli non esitò, ad imitazione dei costruttori inglesi, a sostituirgli il tubo soffiante che lancia pel cammino il vapore che ha agito nei cilindri. Questo metodo ingegnoso ha contribuito, forse altrettanto quanto l'uso dei tubi, a portare la macchina locomotiva al grado di potenza e di velocità cui la troviamo attualmente pervenuta.

Abbiamo procurato di stabilire l'origine di questa invenzione che trovasi applicata a molte macchine che furono presentate l'8 ottobre 1829 al concorso della strada-ferrata da Liverpool a Manchester, e che sembra essere stata introdotta, alcuni anni dopo, nella costruzione delle macchine locomotive, da Giorgio Stephenson; ma non abbiamo potuto determinare esattamente l'andamento da essa seguito in Inghilterra, ove ha ricevuto incontrastabilmente la sua prima applicazione industriale. Ci limiteremo dunque a riferire alcuni fatti poco noti che non sono privi d'interesse sotto il punto di vista storico.

L'uso del getto di vapore per produrre una corrente d'aria, fu indicato da Vitruvio, e dietro a lui, da Filiberto de Lorme, che si esprime ne' termini seguenti, al capitolo 8 del libro quarto della

sua Architettura: « *Altro rimedio ed* » *invenzione contro i fumi.* — Con » un'altra invenzione sarebbe convenientissimo di prendere una palla cava di » rame o due, della grossezza di cinque » a sei pollici di diametro, o più a piacere, ed avendovi fatto un piccolo foro » superiormente, riempirle d'acqua, e poi » metterle nel cammino all'altezza di quattro a cinque piedi all'incirca, affinchè » si possano riscaldare quando il calore » del focolare giungerà fino ad esse, e » colla evaporazione dell' acqua, cagionerà un tal vento, che non vi sarà fumo » per quanto grande esso sia che non » venga cacciato al di sopra. Ciò faciliterà » pure a far accender e prender fiamma » alla legna che sta sul fuoco, come Vitruvio lo dimostra nel sesto capitolo » del suo primo libro. » (Pagina 270 *bis* della edizione del 1597.) — Questa era l'eolipila, che non è in qualche guisa se non uno strumento di fisica divertente, e che non ha mai ricevuto, sotto questa forma, veruna importante applicazione.

Le prime nozioni esatte che siano state fornite su questo argomento sono dovute a Mannoury-Bertout, il quale ha preso, il 14 agosto 1818 ed il 21 agosto dello stesso anno, patenti d'invenzione e di perfezionamento per diversi motori, ai quali egli applicava le proprietà di *traimento* che aveva verificate in un getto rapido d'un fluido qualunque, acqua, aria o vapore. Una delle sue macchine consisteva in una danaide, specie di turbinia, le cui pale erano sollecitate da una corrente rapida dell'aria, determinata dall'unione di un getto di vapore ad alta pressione in un tubo di diametro più notevole. Descriva pure in una specificazione un *soffietto a vapore*, formato da un fascio di tubi saldati alla estremità inferiore d'una base di fucina, ed in ciascuno dei quali s'insinua, d'una piccola quantità un tubo assottigliato, che lancia un getto di vapore rapidissimo; i getti di vapore determinano una corrente d'arie in ciascun tubo, e fanno entrare una grandissima quantità d'arie nella base, in guisa che secondo l'autore, « con questa unione di tubi a vapore, avente un » orificio di una mezza linea diametro, » corrispondente ad uno stesso numero » di tubi di sei linee di diametro e ad un » piede di lunghezza, si formerebbe un » apparecchio che fornirebbe abbondantemente il vento ad un fornello capace » di fondere duemila libbre di ghisa per » ora. » La disposizione dei tubi nei quali questo getto di vapore determina la produzione d'una corrente, è esattamente quella posta ancora in uso per abbruciare, a corrente forzata d'aria, certi combustibili magri e minutissimi sulle graticole delle macchine fisse.

Alcuni credettero che l'applicazione del getto del vapore alla corrente nei cammini fosse stata proposta per la prima volta da Pelletan; ma il privilegio di questo fisico è del 30 giugno, e soltanto alla stessa epoca egli fece realizzare questa applicazione sulle diverse macchine, e segnatamente sul battello a vapore *la Ville de Sens*, che faceva il servigio dell'Alta-Senna. — Rimane adunque ben stabilito che il metodo della corrente artificiale mediante l'azione del vapore è stata applicata per la prima volta in Inghilterra, ove sembrava esser divenuta di dominio pubblico, perchè la si trova posta in uso sulla *Fusée* di R. Stephenson e sulla *Sans Pareille* di Hacworth, macchine che hanno figurato nel concorso della strada-ferrata da Liverpool a Manchester. Hacworth aveva pure stabilito due getti di vapore, l'uno alternativo, del vapore che esce dai cilindri, l'altro continuo, preso direttamente sulla caldaia. Questa applicazione doveva essere assai recente,

perchè altre macchine, egualmente presentate al concorso, non n' erano fornite. Come abbiamo già detto, questa innovazione dev' esser attribuita a Giorgio Stephenson; ma non abbiamo potuto riscontrare la data precisa.

Il concorso aperto il 29 aprile 1829, dai direttori della strada-ferrata da Liverpool a Manchester, venne ad affrettare la realizzazione pratica di nuovi principii. Roberto Stephenson, figlio di Giorgio, adempì, nel concorso ch' ebbe luogo il 9 ottobre seguente, tutte le condizioni del programma. La macchina, montata sopra sei ruote, non doveva pesare più di 6 tonnellate; doveva trascinare, in piano, colla velocità di 16 chilometri all' ora, un peso di 20 tonnellate, compreso l'approvvigionamento della macchina; nel caso in cui la macchina non avesse pesato che 5 tonnellate, il peso da rimorchiare era ridotto a 15 tonnellate. Il peso delle macchine doveva esser ridotto a 4 tonnellate e mezza per quelle che avevano soltanto quattro ruote.

La *Fusée*, che tale era il nome della macchina che Roberto Stephenson faceva entrare nella gara, era montata su quattro ruote, e pesava 4 tonnellate e mezza, ossia 4316 chilogrammi; essa rimorchiò, in piano, colla velocità di 22 chilometri e 1/2 per ora, compresovi il suo approvvigionamento, un peso di 12 tonnellate, 15 quintali ossia 12942 chilogrammi, al quale era stato ridotto il carico di prova, in ragione del peso stesso della macchina. La caldaia, di forma cilindrica, aveva $1^m 83$ di lunghezza, e comprendeva una scatola stoppata di $0^m,91$ di lunghezza sopra $0^m,91$ di altezza; la fiamma del focolare attraversava 25 tubi di $0^m,76$ di diametro; la corrente era attivata mediante l'iniezione nel cammino del vapore che aveva agito nei cilindri. Questa macchina comprendeva la maggior parte delle disposizioni del meccanismo che si trova ancora nelle macchine attuali, e che non hanno subito che alcuni perfezionamenti, ai quali Roberto Stephenson, per primo, ha preso un' ampia parte.

Considerazioni generali.

Le condizioni alle quali deve soddisfare una locomotiva per le ferrovie, rendono più o meno indispensabili alcune speciali modificazioni della macchina a vapore, tanto nel movimento, quanto in tutto l' apparato generatore del vapore. Questi speciali requisiti, emergenti dalla natura della locomozione a vapore, e che principalmente devono essere presi in considerazione, si possono classificare come segue:

1.° Ogni macchina di tal genere dovrà avere una considerevole forza, e possedere una caldaia di straordinaria potenza vaporizzante.

A primo aspetto non sembra tanto ovvia la giustezza di questo principio, poichè sulle strade-ferrate, la resistenza importa soltanto $\frac{1}{250}$ del carico, nella quale circostanza un cavallo andando di passo potrebbe benissimo trascinare un carico di 12 $\frac{1}{2}$ tonnellate. Richiedesi però una velocità 10 a 12 volte maggiore, perchè mentre un cavallo col carico sopraenunciato, fa tutto al più 4000 metri all'ora, si esige dalle locomotive nello stesso tempo una velocità di 36 a 50 chilometri. Checchè sia stato detto sull'insignificanza dell' aumento di spese per velocità maggiori, resta sempre indubitato che, per trasportare un eguale carico in un tempo dato con una velocità 10 volte maggiore, la caldaia dovrà somministrare 10 volte più di vapore, e la forza della macchina dovrà essere accresciuta nella stessa proporzione.

Devesi inoltre por mente al fatto che la macchina col suo occorrente d' acqua e

combustibile deve pure essere trasportata, e che il peso delle macchine non cresce altrimenti in proporzione della maggiore loro forza; tanto è vero che locomotive di poca potenza valgono appena a trasportare, con velocità considerevole, il proprio peso, mentre l'effetto utile diventa sempre maggiore coll'aumento della loro forza. Da ultimo, è da osservarsi, come la piccola resistenza superiormente citata, abbia luogo soltanto sopra tronchi perfettamente orizzontali; laddove con pendenze anche piccole, il carico viene considerevolmente ad aumentarsi; e come finalmente anche la generazione e l'impiego del vapore, attesa la moltiplicità delle condizioni cui devesi soddisfare, non possono effettuarsi nelle modalità le più favorevoli.

Aggiungeremo, che la cattiva riuscita dei primi esperimenti devesi principalmente ascrivere alla potenza troppo limitata delle prime macchine, mentre d'altra parte i sorprendenti risultati ottenuti negli ultimi anni, sono in massima parte dovuti al proposito di portare al massimo la forza delle caldaie e delle macchine. È bensì vero che molte volte se ne valuta l'effetto dinamico a soli 30 o 40 cavalli-vapore, ma è indubitato che parecchie moderne locomotive raggiungono e il doppio ed anche più. Il calcolo in cavalli-vapore, come si fa comunemente, è spesse volte inesatto, ed anzi in generale nemmeno si apprezzano le locomotive come le macchine a vapore fisse.

È constatato dalla pratica che molte locomotive vaporizzano sovente più di 50 chilogrammi d'acqua al minuto, mentre per le caldaie del sistema di Watt si valuta d'ordinario a 0,50 chilog. ed anche meno, l'acqua evaporata per ogni cavallo e minuto.

2.° L'apparato per la generazione del vapore, dovendo essere locomobile, sarà da costruirsi dietro norme affatto differenti da quelle relative alle macchine fisse. Il peso ed il volume si ridurranno a minime proporzioni, nè potrà aver luogo l'uso di fornello murato e d'un fumaiuolo elevato. Le caldaie per locomotive si costruiranno quindi a focolare interno, con la massima possibile superficie vaporizzante, e si supplirà all'azione d'un fumaiuolo elevato mediante un apparato apposito, che ingeneri una vivissima corrente d'aria.

In fatti, adottando le proporzioni delle macchine fisse, la quantità d'acqua da trasportarsi colla locomotiva, per rimpiazzare quella evaporizzata durante 5 o 6 ore, sarebbe sterminata, e la superficie vaporizzante, in ragione di metri quadrati 1,50 per 1 chilogrammo di vapore al minuto, esigerebbe dimensioni straordinarie. È quindi evidente quanto importi di portare al massimo grado l'intensità del fuoco, effetto conseguibile soltanto con una rapidissima corrente d'aria.

3.° Una locomotiva deve condurre seco per la meno la quantità d'acqua e combustibile neccessarii alla produzione del vapore occorrente durante una corsa non interrotta. Posto anche, che la massima durata d'una corsa continua non oltrepassasse 30 minuti, questi materiali avrebbero sempre un peso significante, il quale, per l'acqua, dovrebbe essere più che ventuplicato, qualora si volesse anche condensare il vapore consumato. Non è quindi ammissibile la condensazione; e le locomotive dovranno essere macchine ad alta pressione.

4.° Anche alcune parti degli apparati comuni nelle macchine fisse non potranno mai trovare applicazione, come, per esempio, il volante ed il bilanciere. Il movimento dell'asta dello stantuffo deve quindi essere trasmesso quasi direttamente sull'asse delle ruote, ed essere

tramutato in moto circolare continuo. Per soddisfare a queste condizioni, si sono adottati due cilindri a vapore con azione alternativa, e due zanche o manivelle disposte fra loro ad angolo retto.

5.° Volendo raggiungere una velocità di 20, 30 e più miglia all'ora, come molte volte si richiede, lo stantuffo dovrà moversi molto più rapidamente e superare d'assai il numero delle corse necessarie in un tempo eguale per una macchina fissa di pari forza. Tale eccessiva velocità, non va però disgiunta da molti inconvenienti, e difficulta considerevolmente la regolata distribuzione del vapore, l'uso dell'espansione, ecc.

Considerando, p. es., una locomotiva che fa sole 20 miglia all'ora, le sue ruote motrici, avendo una circonferenza di metri 4,57, dovranno fare due rivoluzioni al minuto secondo; gli stantuffi compieranno frattanto 2 corse, ossia cambieranno 4 volte direzione. Ammesso anche che la corsa degli stantuffi non oltre passi metri 0,45, raggiungerebbe ciò nulladimeno la velocità di metri 1,83 al minuto secondo, ossia essa sarebbe doppia di quella normale per le altre macchine a vapore. Il diametro delle ruote motrici è inoltre limitato proporzionatamente alla distanza fra le due rotaie.

6.° Questa rapidità di movimento rende inoltre indispensabile una straordinaria solidità e resistenza in tutte le parti e giunzioni, nonchè nei singoli apparati, che in parte dovranno subire necessariamente delle modificazioni. Le trombe alimentari e le valvule di sicurezza riceveranno quindi forme determinate, ed i manometri e regolatori comuni saranno da abbandonarsi del tutto.

7.° Nelle locomotive sono da considerarsi alcune circostanze affatto speciali, quali sarebbero: la resistenza dell'aria, che s'aumenta in ragione dei quadrati della velocità, ed è tutt'altro che insignificante quando si percorrano 30 e più miglia all'ora, e l'aderenza delle ruote, che in ogni caso dev'essere più considerevole della resistenza del carico da trasportarsi. Questo carico viene quindi limitato del grado d'aderenza, e non può essere aumentato a piacimento, scemando proporzionalmente la velocità. L'aderenza delle ruote motrici dipendendo inoltre prossimamente dal peso con cui vi gravita sopra la macchina, e dal modo col quale esso viene distribuito, costringerà a scegliere costruzioni differenti, a seconda che le locomotive saranno destinate al trasporto di passaggeri o di merci.

8.° Da ultimo, la locomotiva si distingue essenzialmente dalle macchine fisse, anche per la circostanza, che la resistenza cui deve superare è molto più variabile, mentre queste ultime lavorano per lo più uniformemente per ore ed anche giorni interi, senza interruzioni. E non solo quasi ad ogni viaggio cambiasi il carico per una stessa macchina, ma anche durante la corsa medesima va quello soggetto a variazioni, in parte per la diminuzione dell'acqua e del combustibile, e specialmente per le ripetute ascese e discese della strada. La locomotiva deve inoltre fermarsi non solo nei punti estremi del viaggio, ma fare soste più o meno lunghe nelle stazioni intermedie, ed in generale offrire facile mezzo a rallentare od anche interrompere il suo movimento. Non trattasi adunque come nella massima parte delle macchine fisse, di conseguire possibilmente un andamento uniforme, compensando le momentanee oscillazioni di forza e resistenza, ma di dover regolare e dominare, in qualunque momento ed in conformità alle circostanze, tutte le funzioni della macchina. L'azione della macchina dev'essere soggetta

alla continuata direzione d'un guidatore, e dovranno quindi esser prese tutte quelle disposizioni, che lo pongano in grado, non solo di moderare ad accrescere a piacimento la velocità, ma di costringere la locomotiva a fermarsi con prontezza, e d'invertire talvolta, se occorra, il moto progressivo in retrogrado.

Enumerate così le molte ed essenziali proprietà d'una macchina locomotiva a vapore, passiamo ad osservare sopra una locomotiva di moderna costruzione, della quale daremo una descrizione generale, come sia già stato risolto questo difficile e complicato problema, e prendiamo poscia a considerarne dettagliatamente le singole parti.

Descrizione della locomotiva rappresentata nelle Tavole 139, 140, 141 e 142 delle Arti meccaniche.

La locomotiva che siamo per descrivere fu costruita a Parigi dietro il sistema di Crampton, da Derosne e Cail, allo scopo di trasportare passeggeri con grande velocità.

Questa macchina, come in generale tutte le locomotive che attualmente si costruiscono, è una vettura a vapore, a due cilindri, che porta seco il fornello, la caldaia ed un camino; il vapore vi è adoperato ad alta pressione e senza condensazione. Il moto degli stantuffi viene trasmesso col mezzo di bielle ad un asse, fornito di due manivelle disposte fra loro ad angolo retto, e che valgono a tramutare il movimento alternativo di *va e vieni* dei pistoni, in un altro circolare continuo. Sull'estremità dell'asse stesso sono calettate due gran ruote munite di un labbro, il moto e l'aderenza delle quali sopra le due guide della strada-ferrata determinano il trasporto della locomotiva in una ai vagoni attaccativi.

Ad oggetto di rendere più chiara la descrizione, la suddivideremo in tre parti, vale a dire:

1.° Apparati di vaporizzazione, cioè fornello, caldaia, valvole di sicurezza, regolatore del tiro e trombe alimentari.

2.° Apparati soggetti direttamente all'azione del vapore, quali sono i cilindri ed i distributori.

3.° Trasmissione del movimento alle ruote, mediante bielle, manivelle ed asse motore.

Daremo in seguito le principali dimensioni dei pezzi più importanti, coi risultamenti dei calcoli rispetto alla superficie vaporizzante, alle sezioni degli stantuffi, alle luci, alla capacità dei cilindri e dei distributori, ecc.; riporteremo quindi i tracciati geometrici delle relative posizioni del distributore e dello stantuffo, come sono adottate in alcune locomotive di buona costruzione, facendo da ultimo parola dei risultati pratici conseguiti negli ultimi anni da' più distinti costruttori di simili macchine.

Nelle Tavole 139-142 delle *Arti meccaniche* abbiamo:

Fig. 1.ª La locomotiva Crampton veduta di fianco, ma priva delle piastra di guardia destra, per meglio lasciar vedere le parti mobili, delle quali vedesi rappresentato il modo d'agire nelle

Fig. 2 e 3.

Fig. 4. Sezione trasversale sulla linea 5-6 della fig. 1.

Fig. 5. Dettaglio d'altra sezione trasversale dimostrante il fornello ed il sopporto della valvula, che lo sormonta.

Fg. 6. Parte di sezione trasversale della cassa del fumo per l'asse del tubo di scarico.

Fig. 7 ed 8. Dettagli d'un cilindro e d'uno stantuffo.

Fig. 9, 10 ed 11. Dettagli della tromba alimentare.

Fig. 12, 13 e 14. Disposizione dei distributori.

Fig. 15. Sezione longitudinale della caldaia in piena montatura, guernita dei sopporti dalle valvole, del regolatore, di porzione del camino, dei tubi, dei traversi d' affusto, delle molle, ecc.

Fig. 16. Parte della pianta dall' apparato di pesatura.

Fig. 17, 18 e 19. Dettaglio della piastra di guardia, che si è supposta levata nella fig. 1.

Tutti i prospetti esteriori e le sezioni sono disegnate sulla scala di $\frac{1}{20}$, ed i dettagli nella scala di $\frac{1}{11}$ del naturale.

Del fornello, della caldaia, del tiraggio e degli apparati di sicurezza e di alimentazione.

Delle graticole e dal fornello.

Il fornello d' una locomotiva è una semplice cassa rettangolare A (fig 5), che generalmente si costruisce di rame, non essendo riuscito vantaggioso l'uso del ferro laminato, troppo facile ad ossidarsi, e quindi molto meno durevole. Le piastre di rame dovendo sostenere temperature assai elevate, devono farsi molto grosse, e nelle locomotive grandi si adottano 21 a 22 millimetri per le piastre destinate a portare i tubi, e 15 a 16 millimetri per le altre pareti. Questo spessore considerevole è inoltre indispensabile per far fronte alla contrazione prodotta dalla quantità d' aria fredda che precipita nel fornello ogni qual volta s'apre la portella del medesimo, o quando un guidatore mal esperto alimenta il fuoco nello stesso tempo in cui rifornisce d' acqua la caldaia. Vi sono delle macchine nelle quali la piastra dei tubi è raddoppiata, vale a dire formata

di due lastre di rame insieme accoppiate con borchie; ma in tal caso sono necessariamente più sottili, ed una sola ha tutta l' estensione del fornello, mentre l' altra occupa soltanto lo spazio corrispondente ai tubi.

La base del fornello viene formata dalla graticola che consiste di 16 barre di ferro battuto *a*, *a*, grosse nel mezzo circa 24 millimetri e ricalcata alle teste, in guisa che disposte una vicino all'altra sul telaio *f*, *f*, fisso sulle pareti del fornello, lascino fra loro interstizii sufficienti al passaggio dell'aria occorrente per la combustione. Tali interstizii nelle graticole delle locomotive sono sensibilmente maggiori che negli altri fornelli di macchine a vapore, abbruciandovisi comunemente coka in luogo del carbone fossile adoperato in queste ultime.

A traverso i vani della graticola, le ceneri e le scorie cadono sulla via, se pure, come si pratica sovente, non siavi applicato al di sotto un cinerario o cassa di lamierino aperta nella parte anteriore per dare libero accesso all' aria. Onde rendere facile e pronta l' estrazione del fuoco, furono anche adoperate delle graticole composta di 3, o 4 barre accoppiate ed aggirantisi ai capi sopra perni appoggiati sul telaio, di modo che facendo loro fare mezzo giro si apra un vano attraverso il quale possi estrarre prontamente il combustibile; ma ad onta dei vantaggi che sembra offrire un simile apparato, se n' è fatto uso di rado.

Nella parete anteriore del fornello, parallela alla piastra dei tubi, è praticata un' apertura elittica, per la quale s' introduce il combustibile. La portella è assicurata sopra cardini alla parete esteriore della caldaia, ed è composta di due piastre di lamierino distanti da 6 a 7 centimetri una dall' altra, onde evitare la dispersione del calore.

Questa parete anteriore, come tutte le altre piastre verticali del fornello, è collegata col corpo della caldaia *b*, *b*, mediante chiodi o spine di ferro dolce o rame *c*, *c*, ribaditi ai due capi. Talvolta anche si rimettono a vita e si ribadiscono poi o si assicurano con madri; e per mantenere equidistanti le pareti, si fanno passare, da alcuni costruttori, attraverso ghiere di ghisa o di ferro, interposte fra le piastre esterne ed interne.

La piastra superiore del fornello, ch'è del pari piana, ma disposta orizzontalmente, viene congiunta a vita coi lembi ricorvi delle pareti laterali, e resa rigida da barre di ghisa B, B, B assicurate solidamente con viti e madreviti, in modo da poter benissimo resistere all'alaterio del vapore.

Dai disegni rilevasi come tutte queste pareti sono circondate d'acqua; esse costituiscono tutta la superficie riscaldanta per irradiazione. In alcune macchine inglesi si cercò d'aumentare questa superficie, suddividendo la parte inferiore del fornello in due scompartimenti, applicandovi nel mezzo altre due pareti, distanti circa 10 centimetri, elevantisi dal fondo sino alla metà dell'altezza del fornello e riunite alle estremità con chiodi; lo spazio racchiuso fra queste due pareti è pure pieno d'acqua e comunica colle parti laterali, e si guadagna così oltre ad un metro quadrato di superficie riscaldante in confronto della costruzione ordinaria; però la graticola riesce anch'essa divisa in due parti ed esige maggiore attenzione nell'alimentazione del combustibile. Fu da alcuni proposto di costruire il fornello in guisa da obbligare la fiamma ad ascendere e discendere biforcandosi intorno ad un apparato simile, prima di giungere ai tubi; ma tale ripiego non fu mai adottato in pratica, offrendo troppe difficoltà di esecuzione e manutenzione.

Della caldaia e dei tubi.

La caldaia propriamente detta è forse la parte più importante d'una locomotiva; essa occupa per sè sola più spazio che non tutti gli altri apparati, ed è destinata a contenere l'acqua ed il vapore. Si può considerarla come composta di due parti distinte; la prima (fig. 1, 4 e 15 E), che avviluppa completamente il fornello e presenta la forma d'un prisma rettangolare, sormontato da una porzione quasi semi cilindrica E² ed unita, come si vede, col fornello, lasciando fra le pareti di quest'ultimo e le proprie, un interstizio di 11 a 12 centimetri. L'altra parte è perfettamente cilindrica in tutta la sua lunghezza, e si unisce colla prima mediante cantonali circolari di ferro laminato. È utile il coprirla d'una sottile coperta di legno per evitare il raffreddamento, che altrimenti avrebbe luogo pel contatto dell'aria esterna.

Le lamiere di ferro componenti la caldaia hanno da 10 ad 11 millimetri di grossezza, sono unite colla massima diligenza a mezzo di brocche ribadite a caldo, e vengono accoppiate negli angoli con cantonali, riuscendo troppo difficile il metodo tentato da qualche costruttore, di formare queste unioni direttamente ripiegando a labbro i lembi delle piastre.

Nell'interno della caldaia cilindrica sonovi stabiliti 170 tubi paralleli F, F, F di 4 centimetri di luce, e circa due millimetri di grossezza; questi tubi trovansi a poca distanza l'uno dall'altro, e sono interamente circondati dall'acqua. I capi dei tubi comunicano colla camera del fumo e col fornello, dal quale ricevono l'aria calda ed il fumo stesso per condurli nel camino. Essi hanno il vantaggio di presentare in piccolo volume una grandissima superficie riscaldante, che in questa

macchina ascende a 78 metri quadrati. La loro applicazione nelle locomotive è della massima importanza, a motivo della grande velocità, della enorme quantità di vapore che va consumato, e della necessità di trasportare colla macchina gli apparati di vaporizzazione, l'acqua ed il combustibile. I tubi adoperati nelle prime locomotive aveano da 8 in 9 centimetri di luce, ma vennero ridotti sino al diametro di 5 e 4 centimetri onde poterne applicare un numero maggiore. Non conviene però oltrepassare questo estremo, poichè facendoli ancora più piccoli s'ingombrano troppo facilmente di ceneri e devono essere spazzati troppo spesso.

I tubi si fecero da principio di rame e talvolta di bronzo, più tardi s'adottarono quelli d'ottone laminato, ricurvato e passato per la trafila, perchè sono più economici e di durata maggiore. Sulla strada-ferrata di Saint-Germain in Francia, vennero fatti degli esperimenti con tubi di ferro muniti alle estremità di ottone per poterli più facilmente adattare alle piastre, ma si abbandonò l'idea perchè si ossidavano troppo facilmente, specialmente nella parte inferiore, più soggetta alle incrostazioni. La fabbricazione dei tubi di ferro alla trafila ha preso però una tale estensione e si è tanto perfezionata negli ultimi anni, che si ripresero le esperienze applicando ad alcune locomotive i tubi di ferro, dopo averli assoggettati a pressioni enormi, superiori d'assai a quelle cui devono resistere in fatto. Volendo per altro rendere veramente vantaggiosa tale applicazione, converrebbe anzi tutto rimediare all'inconveniente dell'ossidazione, onde conseguire una durata eguale a quella dei tubi d'ottone, risultato che si potrebbe forse ottenere colla zincatura. Si avrebbero allora i tubi confezionati dello stesso materiale della caldaia, l'allungamento prodotto dall'aumento di temperatura sarebbe presso a poco eguale pegli uni e per l'altra, mentre i tubi di rame od ottone dilatandosi sensibilmente più della caldaia di ferro tendono a ricacciare le piastre nelle quali sono fissati e producono luogo andare dei rilasciamenti e quindi fughe d'acqua. Così, p. es., nella locomotiva Crampton rappresentata nella Tav CXXXIX delle *Arti meccaniche*, essendo i tubi d'ottone, e lunghi metri 3,70, la differenza d'allungamento in confronto di quello della caldaia sarebbe di quasi tre millimetri aumentandosi la temperatura di 100 ° C.

Nelle due piastre di rame che separano la caldaia dal fornello e dalla cassa del fumo, sono praticati convenientemente i fori per ricevere a sfregamento l'estremità dei tubi; unde rendere più perfetta l'adesione vi si cacciano internamente, a colpi di mazza, degli anelli d'acciaio *h*, *h* (figura 15) leggermente conici onde facilitarne l'introduzione. Varii tentativi furono fatti onde perfezionare questo metodo, ma l'unico miglioramento che diede qualche risultato, in quanto riuscì utile per le locomotive riscaldate a legna, è quello adottato sulle strade-ferrate austriache, mercè a cui si ommettono del tutto gli anelli e si fanno aderire esattamente gli estremi dei tubi nei fori delle piastre, dilatandoli alquanto col mezzo di spine di ferro. Si ripiegano quindi e si ribadiscono i lembi, formando poscia a ridosso della faccia interna delle piastre un rigonfiamento o cordone, in guisa che l'orlo del tubo serri da embe le parti la piastra a similitudine d'una brocca ribadita. Il cordone interno si fa con una semplice ed ingegnosa macchinetta formata di due ganascie elittiche munite d'un labbro corrispondente alla rigonfiatura che vuolsi produrre; le due ganascie possono essere allontanate l'una dall'altra mediante una

spina conica con vite di rieblamo, e sono incassate in una bussola d'acciaio, di loce esaguna, ehe dall'operaio vien fatta girare col mezzo d'una chiave. Allongando alquanto dopo ogni due o tre giri le due ganascie, il loro cordone obbliga la corrispondente parte del tubo, lunga circa mezzo centimetro, ad allargarsi ed a prendere una forma analoga al cordone della macchinetta, a somiglianza degli oggetti d'ornamento che si confezionano al tornio premendo delle lamine d'ottone o di rame contro le cavità d'una madre, mediante ferri arrotondati opportunamente e bruniti.

Nelle piccole locomotive a quattro ruote non si applicavano d'ordinario più di 80 a 90 tubi; nelle grandi, a sei ruote se ne accrebbe il numero fino a 180 e più. Il peso d'un cosiffatto tubo di rame varia, secondo le diverse macchine, dai 6 ai 10 chilogrammi; peso ehe il consumo riduce talvolta alla metà, in causa degli attriti del carbone e delle ceneri e per la ossidazione; la parte più soggetta a logoramento è la più prossima al fornello. Occorrendo mutarli, si estraggono gli anelli e si ripiegano i lembi verso l'interno per ritirare i tubi attraverso i fori della piastra della cassa del fumo.

I tubi interni della caldaia devono essere sempre disposti in file orizzontali e con tale ordine, ehe tutti quelli d'una stessa fila non si trovino nello stesso piano verticale con quelli della fila immediatamente superiore od inferiore, ma corrispondano invece al mezzo dello spazio libero lasciato da questi ultimi (fig. 4). Tale disposizione sembra meritare la preferenza rispetto a quella dei piani verticali conseeutivi; poichè il passaggio dell'acqua che s'innalza durante l'evaporazione da una fila inferiore, può facilmente effettuarsi per l'interstizio di due tubi della fila superiore, ma incontrandosi superiormente in tubi corrispondenti esattamente al vano pel quale si opera l'ascensione, l'acqua in tal caso è obbligata di deviare a destra ed a sinistra, per entrare in un altro ordine di tubi disposti come la seconda fila, e così di seguito. Siffatta divisione tende ad aumentare la temperatura dell'acqua e permette ad ogni tubo di fornire calorico da tutti i punti della sua superficie.

Quando, all'opposto, i tubi sono disposti in piani verticali non alternati, l'acqua può ascendere fra mezzo ad essi direttamente di basso in su, per un canale che può essere anche più ristretto, ma senza ch'essa sia obbligata a circolare intorno ai tubi, limitandosi a lambire una porzione della loro superficie.

Nelle locomotive più recenti, a caldaie molto lunghe, succede l'inconveniente, che la soverchia lunghezza dei tubi origina in esse una sensibile oscillazione, la quale reagisce specialmente nei punti ove è operata la giunzione colle piastre, e tende a smuoverli. Onde riparare a questo dannoso movimento si tramezza la caldaia in senso orizzontale, nel punto ove l'oscillazione sarebbe massima, con una piastra di ferro munita di fori corrispondenti al numero dei tubi S″ S″ (fig. 15), limitandone così il movimento laterale.

Il livello dell'acqua nella caldaia d'una locomotiva in azione, dev'essere sempre 8 o 10 centimetri al di sopra della parete superiore del fornello, ed è di somma importanza che non s'abbassi giammai a segno da lasciare scoperta questa parete. L'altezza a cui trovasi l'acqua nella caldaia viene indicata all'esterno da un cannello di vetro comunicante alle estremità mediante tubi e robinetti d'ottone coll'interno della caldaia, ed inoltre di fianco al fornello trovansi applicati esternamente tre rubinetti accessibili al

macchinista e situati in modo, che, ad altezza normale dell'acqua, il superiore dia vapore, quello di mezzo acqua mista a vapore, e l'inferiore acqua soltanto. Se quest'ultimo desse vapore misto con acqua, o solo vapore, ciò significherebbe essere troppo basso il livello dell'acqua nella caldaia: difetto cui urgerebbe riparare all'istante facendo agire le tromba alimentari. In molte locomotive trovasi inoltre aggiunto un terzo indicatore, pel caso estremo, in cui la piastra superiore del fornello fosse sguernita d'acqua, e questo consiste in un turacciuolo di piombo innestato in un foro praticato attraverso all'ansidetta piastra e che fonderebbesi in forza dell'alta temperatura, non appena l'acqua cessasse dall'umetterlo. Apresi in tal caso un varco al vapore ed all'acqua della caldaia, ch'escono per esso, e scaricandosi nel focolare ne estinguono tosto il fuoco.

Degli apparati di sicurezza.

Le caldaie delle locomotive, come tutte le caldaie a vapore, devono essere sempre munite di due valvole di sicurezza, la quali però anzichè essere caricate direttamente con pesi, come nelle macchine fisse, sono premute da leve e molle spirali od anche direttamente da molle sovrapposteci fra due guide. Oltre a queste valvole, s'impiegano anche talvolta piastre fusibili, che liquefacendosi subitochè il vapore nella caldaia abbia raggiunta una tensione superiore alla normale, e quindi una data elevatezza di temperatura, lasciano aperto un foro per lo scarico.

Nella fig. 1 vedesi una di queste valvole di sicurezza. C² è il supporto, le di cui sezione è data nella figura 5. La valvola propriamente detta consiste d'una piastrella circolare di bronzo, alquanto conica nell'orlo ed aggiustata esattissimamente sul foro corrispondente del supporto. Onde renderne rettilineo il movimento, è munita la sua parte inferiore di un gambo formato di tre piastrelle unite al centro della valvola sotto angoli di 60 gradi, fuse colla medesima in un solo pezzo e tornita in modo da scorrere esattamente in un registro cilindrico rappresentato in C³ nella fig. 5. A caricare questa valvola serve la leva e² che ha il fulcro fisso ed una estremità sopra C², e nel punto corrispondente al centro della valvola, un'asticella col mezzo della quale viene esercitata la pressione sulla valvola dalla bilancia di tensione d^2 applicata all'altra estremità col mezzo del galletto g^2. Questa bilancia di tensione consiste d'una molla a spirale di filo d'acciaio, trattenuta inferiormente da un occhiello assicurato sulla parte anteriore del fornello, ed unita superiormente alla leva e^2 dal galletto g^2 mediante un'asta di prolungamento a vite f^2. Stringendo la vite col galletto, la molla viene distesa sino al punto da fare equilibrio col suo elaterio alle pressione esercitata dal vapore sulla superficie inferiore della valvola. La molla a spirale è circondata da un tubo di lamierino sulla faccia anteriore del quale trovasi applicata una lastra d'ottone con scala; un indice applicato alla sommità della molla e che scorre in un'apertura lunga 20 centimetri a larga circa 3 millimetri, segna sopra la medesima la tensione del vapore nella caldaia in libbre inglesi per pollice quadrato, mettendo così il macchinista in grado d'accertarsi ad ogni istante della potenza motrice che tiene a disposizione. Una seconda valvola della stessa costruzione è applicata vicino alla prima, ma col galletto fisso, acciocchè il macchinista non possa aumentare la pressione del vapore oltre il limite prescritto dalla legge.

Un fischietto O trovasi inoltre sopra il

supporto C^2, a portata del macchinista, acciocchè egli possa dare i segnali di partenza ed arrivo, e chiamare lungo la corsa al loro posto i guardiani della strada che non vi fossero al momento del passaggio. Questo istrumento produce un suono acutissimo, facendo uscire del vapore per un varco circolare estremamente ristretto e che, incontrandosi in una campana sovrapposta, produce il noto fischio che si fa udire distintamente alla distanza di mezza lega e più.

Il coperchio H della cupola per la presa del vapore, serve di boccaporta, per fare entrare nella caldaia un uomo per nettarla dalle incrostazioni e per ristarla. In alcune macchine questa boccaporta è separata, trovasi nel mezzo della caldaia ed ha generalmente una forma elittica o circolare. Una campana di sottile lastra d'ottone appoggiata sulla fodera della caldaia la copre e serve ad impedire la dispersione del calore. Due robinetti di scarico B^2 applicati nella parte esterna ed al basso del fornello permettono di vuotare all'occorrenza l'acqua della caldaia, ed alcuni tamponi a vite situati nella parte infima del fornello servono ad allontanare di quando in quando i sedimenti formatisi dall'acqua, quando non si voglia vuotare per intero la caldaia.

Della camera del fumo e del camino.

Questo scompartimento si trova all'estremità della caldaia, nella parte anteriore della macchina (fig. 1, 6 e 15). La parete che lo separa dalla caldaia, è munita di fori per ricevere le estremità dei tubi, e deve quindi essere molto grossa, mentre tutte le altre sono di lamierino di ferro di 5 a 6 millimetri.

La camera del fumo è chiusa da ogni parte, ma la parte anteriore L ha due porticelle chiuse con un manubrio, perchè riesca facile nettarla dalle ceneri e dai carboni trasportativi dalla corrente d'aria a traverso ai tubi, e perchè questi si possano ispezionare all'occorrenza.

La camera del fumo è sormontata dal camino di lamiera di ferro M, del diametro interno di metri 0,40 e dell'altezza di metri 2. La base è conica, fissata sulla camera con viti e madreviti, coperta spesse fiate a foggia di zoccolo di colonna pure con lamierino. La valvola f^3 (fig. 1) serve a chiuderne la sommità per rallentare il raffreddamento del fornello e della caldaia, quando, finite le corse, si è estratto il fuoco. Per impedire il volo delle faville, fu adottata in molte ferrovie la massima di sovrapporre al camino una cuffia di filo di ferro, i cui interstizii sono tanto ristretti da impedire l'uscita dei carboncelli accesi. Si riconosca d'aver trovata la giusta misura, quando le faville che sfuggono per la cuffia si smorzano prima di toccare il suolo.

Dei mezzi di regolare il tiraggio.

Chiamasi tiraggio la corrente d'aria che conduce dal fornello nel camino i prodotti gazosi della combustione. Nelle macchine a vapore fisse, si ottiene il tiraggio necessario alla perfetta combustione alzando i camini sino a 30 e più metri d'altezza, cosa che riesce impossibile nelle locomotive, dove convien limitarli ad un'altezza di 2 metri o poco più, tanto per le fabbriche sotto le quali devono passare, quanto per la resistenza che offrirebbero all'aria e per la difficoltà della manutenzione. Per supplire a questo difetto e conseguire l'energico tiraggio indispensabile per l'enorme quantità di vapore che va consumato in una locomotiva, si ebbe dapprincipio ricorso a ventilatori applicati sotto il fornello, ma vi si rinunziò per essere troppo

dispendiosi ed insufficienti, limitandosi a scaricare nel camino il vapore saricato dai cilindri, dopo compiute la sua azione motrice.

A tal uopo, i tubi di scarico dei cilindri a vapore O′ fig. 6, si riuniscooo io un solo tubo verticale al quale si dà uoa forma leggermente cooica onde diminuirne la seziune all'estremità che s'interna nel camino; la cootrezione che prova il getto del vapore scaricato aumenta il tiraggio. Così, quanto più si ristringe quest' orifizio, tanto più violenza acquista la corrente del vapore che scappa, e tanto maggiore ne diventa l' efficacia per ravvivare la combustione sulla graticola; ma nelle stessa proporzione viene anche aumentata la resistenza del vapore sulla parte posteriore dello stantuffo motore. Per tel modo ottiensi una maggiore produzione di vapore in tempo eguale. Nelle mecchine impiegate sulla strada-ferrata da Liverpool a Manchester, gli orifizii di sortita del vapore hanno da 57 a 64 millim. di diametro; in quelle della ferrovia da Parigi a Saint-Germein variano da 50 a 66 millimetri, e quelle da Parigi a Versaglia sooo di 55 a 78 millim.

Edwards e Flachat furono i primi a concepire l'idea di rendere variabile il diametro del tubo di scarico, vale a dire di aumeotare o diminuire la luce durante la corsa, e di variare conseguentemente il tiraggio a norma dell'occorrenza, influenzando così anche la velocità della locomotiva. Essi ottenoero l' iotanto praticando un foro nel tubo di scarico nella parte inferiore al punto di giunzinoe dei due tubi O′ O′ (fig. 6), ed introducendovi un' asta che porta all' estremità superiore un tuho cooico corrispondente alla conicità dello scaricatore. Il piede dell' asta è unito a cerniera con una leva ad angolu, che può essere mossa dal macchinista mediante un tirante adattatu luogo un fianco della caldaia; è evidente che sospingendu un braccio della leva ad angolo, il secondo braccio solleverà l' asta unitavi, che alla sua volta inoltrerà il cono nel tubo conico dello scaricature restringendu così successivamente lo spazio interposto. Il vapore si scarica allora con maggiore violenza per l'apertura scamata, ravviva la combustione nel fornello, accresce la produzione del vapore, e quindi rende possibile una meggiure celerità della locomotiva. Se all' incontro si abbassa il cooo, si aumenta la sezione dell'apertura di scarico, l' attività della corrente viene scemata, e con essa diminuisce il tiraggio, la generazione del vepore e la velocità delle corse.

Si comprenderà di leggeri, cha la velocità delle corrente non può essere prodotta dalla sola tendenza del vapore ad evadere all' aria aperte; ma essere necessario eziandio che una porzione della potenza del motore venga impiegata ad espellerlo, ovveramente serva ad attivare la combustione. Ora, quanto più si restringe l'apertura di scarico, tanto maggiure è il consumo della forza. Per altro, questo sistema di regolatore a conu, privilegiato fin dal 1840, fu applicato e molte locomotive francesi ed austriache, e diede risultati soddisfacenti.

Un altro sistema fu aduttato da Stephensou, regolaodo l' orifizio di scarico con un registro a farfalle x (fig. 6), mobile intorno ad un asse orizzontale, situato presso la sommità del tubo scaricatore, e munito d' una manivelle eccessibile el macchinista sulla piattaforma, mediente un tirante disposto lungu la caldaia.

Fu inoltre usato allu stesso scopo, in alcune macchine, uo tubo addizionale, applicato alla parte inferiore del tubo di scarico e munito d' un robioetto a portata del macchinista. Questo tubo mette capo esteriormente ella camera del fumo, e

quando vuolsi diminuire il tiraggio, basta aprire il robinetto per dar passaggio ad una parte del vapore scaricato, diminuendo così la quantità che passa nel camino. Quest' applicazione offre inoltre il vantaggio di scemare la contropressione che si oppone alla corsa dello stantuffo.

Apparati d' alimentazione.

Per sostituire continuamente l' acqua vaporizzata nella caldaia e consumata dai cilindri, servono due trombe prementi, addossate lateralmente alla caldaia. La loro capacità dev' essere tale che ognuna possa bastare per sè sola a rinnovare l' acqua proporzionalmente alla quantità che ne fu vaporizzata, a fine di non dar luogo ad inconvenienti, qualora l'una o l'altra per avventura non funzionasse bene.

Una simile tromba alimentare vedesi nella fig. 1 della locomotiva Crampton, mentre le fig. 9, 10 ed 11 ne danno i dettagli. Essa si compone d' un cilindro orizzontale di bronzo P', nel quale scorre uno stantuffo di ferro dolce S'' tornito esattamente e che passa per una scatola stoppata s''. Questo cilindro è munito alla sua estremità di due tubulature (b^3, b^3), l' inferiore delle quali porta la cassetta a valvola per aspirare l' acqua dal tender mediante il tubo f''; la tubulatura superiore porta altre due cassette con valvola d'introduzione, ossia prementi, che comunicano coll' interno della caldaia a mezzo d' un tubo di rame. Nella corsa alternativa dell' embolo S'' si aprono e si chiudono a vicenda le valvole, e l'acqua tratta dal tender per aspirazione è forzata ad introdursi nella caldaia.

Nella maggior parte delle locomotive, le valvole non sono altro che palle di bronzo tornite con precisione, situate sopra appoggi pure di bronzo a svasati sfericamente; affin di conservare il movimento rettilineo verticale, il giuoco della sfera viene regolato da guide a tre o quattro rami. Alcuni costruttori applicarono alle trombe delle locomotive le comuni valvole a battenti, ed altri sostituirono alle sfere le valvole a fungo, ma essendosene ottenuti risultati poco soddisfacenti, l' uso delle valvole a sfera diviene sempre più universale.

La corsa delle trombe alimentari è inerente a quella degli stantuffi a vapore, mediante l' asta dei quali (fig. 1) gli emboli comunicano colla biella; ed hanno quindi velocità e corsa identiche, con quella dello stantuffo anzidetto. Stephenson applicò sovente nelle sue locomotive le trombe alimentari immediatamente sui fianchi del fornello, senza dubbio nell' intento di far giungere l' acqua vicinissimo alle superficie riscaldanti suscettibili d'una maggiore produzione di vapore. Questa disposizione esige però una trasmissione di movimento molto più complicata e dispendiosa.

È indispensabile d' adattare ad ogni corpo di tromba un piccolo robinetto di prova, la cui chiave comunichi mediante leva e tirante, colla piattaforma del guidatore, acciocchè questi possa ad ogni istante accertarsi se la tromba funzioni bene.

In molte locomotive, di fianco al fornello trovasi una tromba a mano, onde poter alimentare la macchina quando sta ferma, e sopperire in caso d' urgenza alle due trombe principali, qualora fossero divenute inservibili.

I tubi conduttori che somministrano l' acqua alle trombe comunicano col tender, ossia forgone del combustibile e dell' acqua. Onde permettere a questi tubi un piccolo movimento in tutti i sensi, vengono uniti con articolazioni a rotule sferiche e coniche. Alcune società adoperavano ancora, non è molto, semplici

tubi elastici o maniche di canapa, come si usano per le doccie delle trombe da incendii.

Apparati soggetti direttamente all' azione del vapore.

Della presa del vapore e del regolatore.

Il vapore che formasi nella caldaia tiene in sospensione dell' acqua, e giunge a liberarsene soltanto qualora superi un poco il livello dell' acqua stessa. Gli è perciò, che in tutte le locomotive nel mezzo del caldaia havvi un recipiente per raccogliere il vapore spogliato d' acqua, e somministrarlo al tubo di presa del vapore. Questo recipiente, che secondo i singoli costruttori è di dimensioni diverse, dicesi *duomo*.

In molte macchine una sola apertura, situata alla sommità del tubo d' ammissione internato nel duomo, e chiusa a volontà del macchinista, fornisce il vapore necessario per mettere in movimento gli stantuffi motori. Questo sistema quasi generalmente adottato fu sensibilmente modificato da Crampton.

Lungo tutta la parte superiore della caldaia, trovasi un tubo R′, nel quale si introduce il vapore a traverso di aperture n^5 praticate nella sua parte superiore. Verso il mezzo della caldaia, vale a dire sulla linea mediana dei cilindri A′, questo tubo sbocca nell' interno del *duomo* H, il quale è costruito in modo da servire di supporto al tubo R′, come lo indica la fig. 4. Il *duomo* è assicurato con viti sopra la caldaia stessa, nella quale s' interna sino al tubo di presa del vapore, mentre si solleva superiormente oltre la medesima per portare due grossi tubi R, ognuno dei quali è diretto verso uno dei cilindri. L' estremità interna dei due tubi è spianata in un piano inclinato Q, e sopra la medesima viene a scorrere la valvola a slitta, che distribuisce il vapore egualmente ad ogni cilindro.

L' appoggio spianato Q è forato da due aperture trapezoidali p^5 (fig. 15). La slitta P che le copre è di bronzo, con una sola apertura, di modo che in una certa posizione le sue parti piene coprono esattamente gli orifizii d'ammissione, mentre d'altronde basta far iscorrere alquanto la slitta per iscoprire il primo orifizio e presentare sopra il secondo la propria apertura.

Invece d' una manivella per far giuocare le parti mobili del suddetto apparato, si diede la preferenza ad un volante orizzontale T, che agisce con un' eccentrica a cassetta sopra l'estremità del tirante r pure orizzontale, e fa scoprire simultaneamente gli orifizii d' ammissione. La forma trapezoidale di quest' ultimi non è altrimenti arbitraria. Essa ha lo scopo, quando il regolatore agisce, di non lasciar giungere il vapore che in un volume gradatamente crescente e d' evitare così le scosse al momento della partenza. La sommità del trapezio soddisfa appieno a questa condizione. Quando all' opposto trattasi d' arrestare la macchina, si agisce con prontezza, poichè gli orifizii vengono chiusi a partire dalla base, e quindi dalla parte più larga del trapezio.

A questo modo, salvo alcuni casi eccezionali, il guidatore maneggia con facilità il volante, sia in un senso o nell'altro, e consegue sempre un effetto soddisfacente. Alcune lettere od indici gli fanno conoscere quando l'apertura o la chiusura è perfetta.

Essendo vicinissimo al volante il supporto delle valvole di sicurezza C^2 e del fischietto O, il vapore che scappa potrebbe inceppare nelle sue funzioni il guidatore, avviluppandolo ad offuscandogli la vista, ragione per cui tornerebbe utile,

a similitudine di molte altre locomotive, di circondare il sopporto delle valvole con una camicia tubulare d' ottone, che superasse la testa del macchinista.

Dei cilindri e della distribuzione.

Come abbiamo mostrato testè, il vapore si reca dalla caldaia nei cilindri A' per i tubi R. Questi situati esternamente, comunicano coi tubi d' ammissione R², che penetrano direttamente nelle cassette di distribuzione U a traverso delle scatole stoppate t''. Le cassette sono fuse di un sol pezzo coi cilindri, sono doppiamente inclinate nel senso longitudinale e nel senso trasversale, per porsi in correlazione coi pezzi mobili che dirigono il distributore di ghisa Z. A questi distributori si diedero grandi dimensioni in ragione degli orifizii che devono coprire e scoprire disposti nei rapporti seguenti:

Rapporto della superficie degli stantuffi colla superficie *v* degli orifizii d' entrata:

13, 25 : 1.

Rapporto della superficie degli stantuffi colla superficie *x* dell' orifizio di uscita;

8 : 1.

Il distributore è circondato da una braga di ferro raccomandata al gambo e', per raggiungere il bottone l' della slitta k' attraversando la guida quadrata g'. Essendo il suo peso di circa 14 chilogrammi, e la superficie pari a 1050 centimetri quadrati, trovasi, dietro i calcoli di Morin, che l' attrito d' un simile pezzo in movimento, e quindi la quantità di forza consumata ad ogni colpo di stantuffo, sarebbe di:

$$N f e$$

esprimendo, N il carico totale, ossia, il prodotto della superficie del distributore nella pressione del vapore, cioè 5,418 chilogrammi;

f, il rapporto dell' attrito alla pressione = 0,075;

e, il cammino percorso dalle superficie scorrenti una sopra l'altra = metri 0,120.

Nel caso presente, la suddetta formola corrisponderebbe quindi alle cifre seguenti:

$$(14 + 5418^{\text{ch.}}) \times 0{,}075 \times 0{,}120 = 48 \text{ chilogrammetri.}$$

Ora essendo la macchina animata da una velocità di 225 rivoluzioni per minuto, si ha dunque pel lavoro d' un minuto secondo

$$48^{\text{ch. m.}} \times \frac{450}{60} \times 360^{\text{ch. m.}}$$

ossia pei due distributori

$$\frac{360}{75} = 4.8 \times 2 = 9.6 \text{ cavalli vapore.}$$

I signori Mazeline di Havre hanno immaginato un mezzo semplicissimo per neutralizzare questa perdita di forza e render facile la manovra dei distributori delle macchine a vapore.

L' applicazione del loro metodo alle

locomotive della ferrovia dell' Havre, è rappresentata nelle fig. 12, 13 e 14 in sezione trasversale, obbliqua ed orizzontale.

Si vede in queste figure, che il distributore è a doppio appoggio, e che le sue superficie opposte *ab* e *cd* non sono parallele. Da un lato, il detto appoggio è quello stesso del cilindro cui è applicato; dall' altro viene costitnito da una piastra d' acciaio o di bronzo D^5, addossata alla parte interna del coperchio *b'*.

Questo distributore ha nn foro e che stabilisce una costante comunicazione fra il suo interno ed il suo esterno, ed essendo leggermente incavato sulla superficie *cd*, resta fra questa e la piastra D^5 un vuoto sufficiente, perchè il vapore vi si introduca pel piccolo orifizio e, e stabilisca una pressione nel senso inverso a quella che ha luogo sulla faccia opposta. La piastra metallica addizionale aggiustata nella cassetta non vi è altrimenti fissa invariabilmente, ma tende sempre a reagire contro il distributore, mediante la tensione di due piccole molle piatte *f*, situate fra la medesima ed il coperchio *b'* della cassetta.

Risnlta da questa disposizione un dolcissimo movimento dei distribntori, poichè ad ogni istante si stabilisce un equilibrio di pressione fra i due appoggi opposti, e si riduce quasi a zero l' attrito. Un sì fatto sistema è tanto più vantaggioso, in quanto che, a tenore di quanto superiormente dicemmo, le dimensioni dei distribntori diventano straordinariamente grandi nelle macchine locomotive, e quindi la pressione sopra la loro superficie dà realmentè origine ad una considerevole perdita di forza.

La modificazione ora esposta non è il primo tentativo che sia stato fatto per togliere quest' inconveniente avvertito da altri costruttori, ma i signori Mazeline hanno sciolto il quesito nel modo il più semplice e soddisfacente.

Le macchine alla Crampton sono costruite con un solo distribntore per ogni cilindro, ed espandono quindi nei ristretti limiti della slitta e della copritura dei distributori, di modo che sono libere da ogni complicazione di macchinismo; principio che va sempre più generalizzandosi nelle locomotive, sopprimendosi ogni movimento addizionale per l' espansione a mezzo di distributori supplementari.

I cilindri A' sono assicurati sui correnti longitudinali del telaio X', con forti orecchioni, ognuno dei quali muuito di una dozzina di viti. Inoltre, due piastre traversali X^3 gli abbracciano al di sopra ed al di sotto, come lo si può rilevare dalle fig. 4, 18 e 19. La solidità è perfetta, e durante la corsa non si sente la minima scossa.

I cilindri sono fusi d' un solo pezzo cogli orifizii d' entrata e d' uscita, colle tubulatnre per la congiunzione, coi tubi d' ammissione e di scarico, nonchè colle scatole stoppate e coi canali che conducono ai robinetti scaricatori. Se ne veggono i dettagli nelle fig. 7 ed 8 secondo due sezioni perpendicolari nna all' altra, e fatte, la prima dietro l' asse stesso del cilindro, e la seconda dietro la linea spezzata 1-2-3-4. Queste due fignre rappresentano contemporaneamente, in sezione e di prospetto, lo stantuffo che vi agisce internamente.

È facile osservare che lo stantuffo è composto di due piastre C', (fig. 1, 7 e 8), l'una traversata dall'asta E' che munita della guida F' trasmette il movimento alla biella B^2, mentre l' altra lo è dall'asta S', sulla quale è applicato lo stantuffo R' della tromba alimentare. Queste piastre sono insieme unite da quattro viti *r⁴* situate nei risalti *s⁴*. La chiusura ermetica è garantita da due forti cerchi

di ghisa elastici r^5, che i pezzi conici s^5 tendono costantemente ad aprire in seguito alla reazione delle molle d' acciaio o^5. Tutte le madreviti destinate all' unione di questi diversi pezzi, sono mantenute al loro posto da piastre di ferro o bronzo con intagli corrispondenti, di modo che, posto in opera lo stantuffo, riesce impossibile qualunque minimo spostamento d' un pezzo.

I cilindri, i tubi di condotta pel vapore e la cassetta d' ammissione sono al pari della caldaia rivestiti d' una fodera di legno, circondata alla sua volta da una incamiciatura di lamierino di ferro. Queste precauzioni sono prese per evitare il raffreddamento, quantunque s' incominci a darvi meno importanza che dapprincipio, essendosi quasi dovunque rinunciato alle fodere di feltro, ritenute in addietro per indispensabili.

Trasmissione del movimento dagli stantuffi alle ruote motrici.

Delle bielle e dell' asse a manivella.

Le aste degli stantuffi sono di ferro battuto o d' acciaio; in quest' ultimo caso non hanno più che 40 a 50 millimetri di diametro. La loro estremità opposta ai piatti dello stantuffo è aggiustata in una gorbia di ferro dolce F', calibrata all'uopo, e che serve ad unirla colla testa della biella. Questa gorbia fa corpo colla slitta che serve a tener registrata la corsa dello stantuffo.

L' unione della biella col pezzo F' si fa a mezzo d' una staffa stretta con chiavette, che mantiene a luogo i guancialetti di bronzo per i quali passa la spina di unione. L' altro capo della biella B^1 è del pari assicurato sulla zanca, ossia manivella, dell' asse motore, in m', con guancialetti assicurati da un' altra staffa a chiavette. Essendo della massima importanza che queste ultime non possano spostarsi durante la corsa, e dare origine a gravissimi inconvenienti, molti costruttori adottarono l' uso non solo d' aprire le chiavette dal lato più sottile e d' incassarvi un conneo, ma di assicurarle ancora lateralmente con viti di pressione. Stephenson adottò nella maggior parte delle sue locomotive la massima di passare per l' estremità prolungata delle chiavette una vite, serrandola con due madri situate nel vano lasciato dallo sporto della controchiavetta. Questa disposizione adottata anche in molte macchine fisse, non toglie però la convenienza delle viti di pressione, che per prudenza non si dovrebbero mai omettere. Sharp e Roberts adottarono una disposizione che meriterebbe la preferenza sopra tutte le altre se non avesse l' inconveniente di render troppo pesante la testa della biella, rendendo così molto più celere il logoramento dei guancialetti superiori. Essi riuniscono la staffa col corpo della biella a mezzo di due piastrelle d' acciaio a coda di rondine, per le quali, egualmente che per la staffa, passa una spina di ferro, in modo da riunire tutte queste parti come in un solo pezzo; la chiavetta principale è inoltre tenuta a luogo da tre viti di pressione.

I cuscinetti delle bielle dovrebbero essere leggermente sferici nella parte interna, ed il perno della zanca dovrebbe aver la forma corrispondente a fine di permettere un piccolo giuoco in senso orizzontale ed evitare così, quanto meglio è possibile, le ineguaglianze di tensione.

L'asse motore, ossia a manivella, è uno dei pezzi che lavora di più ed esige quindi le maggiori cure da parte del costruttore. Si deve farlo di buon ferro a pacchetto, duro e compatto. Le due zanche o manivelle alle quali s' uniscono le teste

delle bielle sono esattamente ad angolo retto fra loro, e la loro lunghezza, misurata da centro a centro, è comunemente di 19 a 23 centimetri.

L'asse motore è tornito in tutta la sua lunghezza, le cavità delle zanche sono fatte alla fucina a caldo, o meglio a freddo, con apposite macchine da scanalare. Le parti esterne, ossiano i colli dell'asse, sono mobili in guancialetti di bronzo; aggiustate mediante, buccole nel corrente longitudinale del telaio X' della macchina; altri guancialetti applicati ai lati delle manivelle e fissi sopra le traverse interne del telaio, servono inoltre a viemmeglio assicurarlo contro ogni oscillazione dannosa.

Delle ruote principali, o motrici.

Alle due estremità dell'asse a manivella sono calettate accuratamente le due grandi ruote U², le quali, ricevendo il movimento di rotazione dall'asse, determinano colla loro aderenza sulla guide il moto progressivo di tutto l'apparato. Quest'aderenza è proporzionale al carico che aggrava le ruote stesse, costituito in gran parte dal peso della macchina. Affinchè la progressione possa aver luogo, l'aderenza dev'essere maggiore della resistenza del peso da rimorchiarsi, mentre in caso diverso le ruote gireranno sopra sè stesse, senza moto di traslazione.

Dobbiamo però osservare, come quest'aderenza non sia sempre la stessa, mentre diventa più debole se le guide sono umide, ed aumenta se sono asciutte; inoltre, essa sta in relazione colla natura dei materiali in contatto. Nelle macchine costruite sino ad ora, i cerchioni furono di ferro, rendendo il loro modo di agire necessaria la scelta di un materiale molto solido; posteriormente alcuni costruttori adottarono anche cerchioni di acciaio, che diedero buoni risultamenti.

Nella locomotiva Crampton, una delle qualità più notevoli delle ruote motrici è il loro considerevole diametro che arriva ai due metri. Esse sono interamente di ferro battuto, hanno 20 raggi d^3, e nella parte opposta alla zanca, vicino al cerchione, vi è applicato un contrappeso par equilibrare il peso della zanca e della testa della biella.

L'asse V¹ è ribattuto alla estremità, e l'unione delle ruote col medesimo viene determinata da chiavette cacciate a caldo in una scanalatura praticata per metà nel mezzo della ruota, e per metà nella sala.

Di fianco alle zanche sono applicati i dischi eccentrici H¹ e H², due per ogni cilindro, i quali, girando in anelli di bronzo, effettuano, mediante le aste X³, il moto di *va* e *vieni* dei distributori.

Delle ruote inferiori e dei loro assi.

Per la maggior parte le locomotive sono a sei ruote, due delle quali, come abbiamo veduto, ricevono il moto dagli stantuffi a vapore, le altre quattro (Z, Z), molto più piccole, servono soltanto di sostegno alla macchina, e sono montate sopra sale semplici, (A² fig. 1).

I pernii di tutte queste ruote girano in cuscinetti di bronzo, inseriti in buccole da grasso rettangolari, che scorrono entro slitte negl'intagli delle piastre di guardia, e trasmettono il peso della locomotiva alle sale col mezzo di forti molle (F² fig. 15), che tendono a sollevar la macchina mercè ai tiranti che congiungono le loro estremità col telaio, mentre con l'asta applicatavi nel mezzo premono sul coperchio della buccola.

Stringendo più o meno le viti dei tiranti, si giunge a tendere a volontà le molle, ed a caricare più o meno ogni

singola coppia di ruote. Il carico viene generalmente ripartito in modo, che rappresentando con 1 il peso che gravita sulle piccole ruote posteriori, il carico delle anteriori sia duppio, e triplo quello delle ruote motrici.

Si può facilmente riconoscere la buona o cattiva ripartizione del peso di una locomotiva sopra le sale, esaminando il movimento verticale delle buccole da grasso nelle piastre di guardia, quando la macchina è in attività. Allorchè le molle non sono caricate a sufficienza, il movimento verticale è più considerevole, e conviene raccorciare i tiranti alle loro estremità. Si riconosce l'opportuna o non opportuna ripartizione del carico dall'uniforme movimento della macchina in corso, o dalle scosse e dal rumore al passaggio delle teste dei rails.

Del telaio.

La caldaia ed il macchinismo della locomotiva sono portati da un doppio telaio di ferro battuto X[1], i cui dettagli si veggono nelle figure 4, 17, 18 e 19. Ai due correnti longitudinali esterni che sono interamente di ferro, oppure di legno rivestito di grossa lamiera (X[1], X[1]), sono applicate con brocche le piastre trasversali X[3], le quali, oltre che completare il doppio telaio, servono anche d'appoggio a varii pezzi, quali sono la leva r' per l'avviamento, i cilindri a vapore A[2], ecc. Vi sono inoltre le piastre ondulate che servono di appoggio alle aste E[2] delle grandi molle F[2]. L'estremità posteriore del telaio è legata da una piastra di ferro trasversale, vicino alla quale sonovi i marciapiedi D[3], mentre l'estremità anteriore termina in un traverso di legno C[2] che porta i repulsori D[2], formati da molle, o da cilindri di caucciuc vulcanizzato.

Le piastre di guardia sono tra loro assicurate con traverse di riga di ferro x^4, di modo che con questo complemento nessuna parte è isolata, ed il telaio forma un tutto rigido e solidissimo.

Movimento alternativo dei distributori.

Abbiamo accennato come il distributore d'ogni cilindro sia stretto da un telaio di ferro munito di un'asta orizzontale, che attraversa la scatola stoppata della cassetta di distribuzione, e riceve un movimento rettilineo alternativo, corrispondente a quello dello stantuffo a vapore.

Quest'asta è unita con viti al pezzo g' che muovesi in una ghiera; comunica, mediante il perno l', colla slitta arcuata che unisce i due tiranti X[3] degli eccentrici, ed è surrogata in molte altre macchine da forcelle. Dall'altra estremità, i tiranti ora nominati terminano in anelli di bronzo, che accerchiano le eccentriche H[1] H[2], giranti insieme colla sala motrice. Il movimento di rotazione degli eccentrici viene quindi mutato in quello di *va* e *vieni*, e trasmesso dai tiranti X[3] all'asta e', e da questa ai distributori.

Essendo la macchina composta di due cilindri a vapore e di due distributori, ne viene di necessità che vi siano due eccentrici, cioè uno per ogni distributore. Tornando però indispensabile che ogni locomotiva possa muoversi con eguale facilità in avanti ed indietro, e che il relativo cambiamento nella posizione dei pezzi possa farsi durante la corsa, si dovettero adottare quattro eccentriche, cioè due per il movimento progressivo e due pel retrogrado.

Vediamo in fatto nella fig. 2 due eccentriche coi loro tiranti, le cui estremità sono unite dalla slitta arcuata, nella

quale scorre la spina l' dell' asta d' un solo distributore, e ci resta solo ad esaminare come il guidatore possa, in qualunque momento far cessare od invertire il movimento del distributore.

La slitta arcuata è unita colle estremità dei tiranti X^3 mediante pernii, il superiore dei quali passa pure per l' estremità dell'asta p'. Quest'ultima è inoltre raccomandata all' estremità della leva q^3, munita nel braccio opposto di un contrappeso s^3 sufficiente ad equilibrare il peso dei tiranti X^3, e comunicante per un terzo braccio col tirante t', che viene posto in movimento dal guidatore col mezzo di un manubrio a leva u'. I due eccentrici H, H″ sono disposti in senso opposto, come facilmente si vede nella figura 1, e quindi il tirante dell' eccentrico H′ avanzerà nel momento in cui quello di H² retrocederà, e viceversa: ragione per cui la slitta arcuata dovrà oscillare intorno a un punto corrispondente al suo centro di figura. Ora è evidente che la spina l' dell' asta del distributore che scorre nella slitta, parteciperà del movimento del tirante di H′ trovandosi nell' estremo superiore della slitta, assumerà quello del tirante di H″ trovandosi all' estremo inferiore, e sarà in quiete, quando coinciderà, alla metà della stessa slitta, col centro d' oscillazione della medesima.

Per fermare la macchina dovrà adunque il guidatore mettere il manico perpendicolare, onde portare la spina l' a mezza slitta; lo spingerà innanzi, come nella fig. 1, sollevando il tirante di H″ per avanzare; oppure lo tirerà indietro per abbassare il tirante di H′ e per retrocedere. Queste due fasi sono spiegate graficamente nelle fig. 2 e 3 della Tav. CXXXIX, dove le linee continue indicano la disposiziona pel moto diretto, e le punteggiate dimostrano la posizione delle parti pel moto inverso. Le lettere corrispondono a quelle della figura 1, e nella fig. 3 le luci d' ammissione del distributore sono contrassegnate colle lettere v, v', mentre x dinota la luce di scarico del vapore.

Gli eccentrici sono fissati sull'asse motore, in guisa che i due destinati al movimento diretto siano fra loro ad angolo retto, e lo stesso dicasi degli altri due pel moto inverso; la cosa è però inversa relativamente alle manivelle dell' asse colla quali nelle macchine alla Crampton formano angoli ottusi, in modo da dare ai distributori una piccola *precessione*.

Precessione e coprimento nelle macchine locomotive.

Quando in una locomotiva si dispone il centro di un eccentrico circolare in maniera da trovarsi sopra un raggio perpendicolare alla direzione della manivella, il distributore e lo stantuffo hanno un movimento rettilineo diverso. Così quando la manivella passa dall' orizzontale a sinistra all' orizzontale a destra, o viceversa, lo stantuffo corre in una direzione rettilinea corrispondente; ma l'eccentrico passa dalla verticale inferiore alla verticale superiore, od inversamente, imprimendo di conseguenza ai distributori due movimenti rettilinei in due sensi opposti.

Mentre lo stantuffo compie il primo di questi movimenti, il distributore compie gli altri due di andata e ritorno; la luce ch' esso copriva si scopre a torna a coprirsi. Quando all' incontro lo stantuffo compie due mezze rivoluzioni in senso opposto, i distributori effettuano un movimento rettilineo per lo stesso verso. Da ultimo, per ognuno di questi movimenti, mentre la velocità dello stantuffo vanno crescendo, quelle del

distributore vanno scemando, e reciprocamente. Ne risulta, che la massima corsa dell' asta dello stantuffo corrisponde alla corsa minima dei distributori.

Si è però osservato, soprattutto nelle locomotive e nelle macchine dei piroscafi, ch' è necessario d' inclinare il raggio dell' eccentrico sopra quello della manivella, anzichè disporli perpendicolarmente, in guisa che al punto morto il distributore abbia già oltrepassato, d'un certo tratto, il mezzo della sua corsa: questo piccolo tratto d'avanzamento venne contraddistinto col nome di *precessione dei distributori*.

« L' oggetto di questa modificazione, dicono Flachat e Petiet, è quello d'aumentare la *potenza* delle macchine, rendendole capaci di condurre con maggiore velocità i medesimi convogli. »

Se si consideri un convoglio al momento di partenza, o sopra un punto della ferrovia, dove convenga far uso di tutta la pressione del vapore, e d' andar quindi assai lentamente, la precessione dei distributori tende a scemare la potenza della macchina; ma questo caso è meramente eccezionale. Conviene invece considerare le macchina durante la corsa a velocità normale; bisogna considerarle colla pressione ridotta sui cilindri, ed allora, se si giunge a provare che, col medesimo convoglio, la stessa macchina acquista una maggiore velocità avendo i distributori con precessione, si dovrà ammettere un aumento della sua potenza, e che con una velocità eguale a quella di prima, essa potrebbe rimorchiare un convoglio più considerevole.

Per apprezzare i vantaggi della precessione dei distributori, convien anzi tutto esporre gl' inconvenienti della distribuzione ordinaria senza precessione. Confrontando le superficie di sezione delle luci con gli spazii successivi percorsi dallo stantuffo, trovasi in generale, che le velocità stanno all'incirca nel rapporto di 1 : 10. Tenendo conto della contrazione a dell'irregolare velocità dello stantuffo, trovasi che la velocità dello sfogo del vapore è al massimo di 70 ad 80 metri per secondo in una corsa di 16 leghe all' ora. Qualunque velocità ha una pressione iniziale: ricercando quella necessaria per produrre quest'ultima, si trova che 1/50 d' atmosfera basterebbe. La differenza di tensione fra il cilindro e la condotta principale del vapore, è adunque insignificante, e quand' anche non lo fosse, non nuocerebbe, poichè a gran velocità la generazione del vapore nella caldaia basta soltanto a mantenere una tensione ridotta nel cilindro, e v' ha sempre uno stendimento per parte del regolatore. Il secondo stendimento che avrebbe luogo nella distribuzione resterebbe senza effetto correggendolo coll' aprire un poco più il regolatore.

Studiando in seguito lo sfogo del vapore nell' uscita, la questione si presenta in modo affatto diverso. Prima di giungere al massimo sfogo costante di 80 metri per minuto secondo, e che offre pochissima resistenza, come dicemmo, conviene lasciar uscire tutto il vapore che conserva la pressione elevata. Bisogna allora nei primi momenti della corsa, che questa considerevole quantità di vapore si scarichi quasi istantaneamente; in caso diverso essa produce davanti al pistone una resistenza molto considerevole da principio, e che diminuisce più o meno rapidamente, a seconda del tempo concessole all'uscita. È naturale, che, se i colpi dello stantuffo sono estremamente rapidi, il vapore impiega talvolta 1/3 del tempo totale della corsa per evadere; questo però accade per la velocità di 16 leghe all'ora, supponendo

il cilindro pieno di vapore a 2,75 atmosfere di pressione effettiva. L'effetto di questa resistenza ha per misura la pressione moltiplicata ad ogni istante dalla strada percorsa dallo stantuffo, e nel caso precitato, il pistone ha già percorso 3/10 della sua corsa prima di essere sbarazzato di questa pressione in eccesso; di modo che, calcolando la resistenza media prodotta, la si trova corrispondere a più di 1/4 d' atmosfera.

La resistenza prodotta dalle luci di scarico è quindi assai considerevole nelle grandi velocità.

Per diminuire questa resistenza si dà quindi la precessione ai distributori; lo scarico dura un tempo egualmente lungo; ma da principio la pressione da esso esercitata viene ad agire in un senso utile sullo stantuffo, e quando questo ripassa, l' apertura trovasi già ingrandita, il vapore è parzialmente espanto, e vi si mantiene durante una frazione molto più piccola della durata di una corsa del pistone.

Ond'evitare, almeno in massima parte, la contro-pressione del vapore, si dà al distributore, oltre che la precessione, anche più o meno di ricoprimento, in guisa da pòter intercettare più prontamente il passaggio al vapore e diminuirne la quantità consumata. Si ovvia così all' inconveniente, e torna utile di adottare il coprimento tanto esterno che interno. Il coprimento interno impedisce al vapore di scappare troppo presto, obbligandolo allo sviluppo di tutta la sua forza espansiva. Si è osservato che sotto un angolo di 25° si ha lo scarico più opportuno, e perciò si aumenta il coprimento sino a tanto che il raggio della manivella faccia coll'orizzonte un angolo di 25°, nell' istante in cui comincia lo scarico.

Indicheremo gli effetti derivanti dalla precessione e dal coprimento dei distributori delle locomotive, riportando i tracciati geometrici della corsa relativa dei distributori e degli stantuffi motori di alcune locomotive attualmente operative sulla ferrovia da Versailles a Saint-Germain, nella persuasione che valgano molto meglio dell' analisi a renderne intelligibile l' applicazione.

Tracciato del movimento del distributore nella macchina di Saint-Germain.

Questa macchina fu fabbricata nella officina del sig. Tayleur; essa era in origine a due eccentriche mobili, poscia a quattro eccentriche fisse. I sign. Clapeyron e Gouin fecero modificare le parti della distribuzione, in modo da ottenere 1/4 di espansione, e fu dato al distributore un ricoprimento di 0,024.

Le principali dimensioni di questa macchina, tale com' essa attualmente funziona, sono le seguenti:

Diametro dei pistoni	0m,350
Corsa id.	0m,406
Angolo di precessione	36°,15′
Angolo di espansione (1/4)	66°,30′
Angolo d' introduzione	7°,00
Angolo di scappamento	22°,00
Diametro delle eccentriche	0m,094
Corsa dei distributori	0 ,094
Larghezza delle luci d' ingresso	0 ,038
Lunghezza delle medesime	0 ,205
Rapporto della sezione di dette luci coll' area dei pistoni	1 a 11

Si ha inoltre pel distributore particolarmente :

Larghezza interna	0m,088
Larghezza delle briglie	0m,075
Larghezza del tubo di scappamento	0m,082
Scoprimento interno	0m,013
Ricoprimento esterno	0 ,024
Precessione all' introduzione	0 ,006
Precessione all' uscita	0 ,017

La precessione all' uscita si computa sull' apertura che esiste quando il pistone è al termine della sua corsa, per conseguenza essa è eguale al ricoprimento esterno, più la precessione all' introduzione, meno il ricoprimento interno ; per lo che si ha dunque :

$$0^m,024 + 0,006 - 0,013 = 0^m,017.$$

Dietro a questi dati noi abbiamo cercato di rappresentare, a metà opera, nella Tav. XLIV delle *Arti del calcolo*, fig. 1, il tracciato geometrico delle posizioni relative del distributore e del pistone a vapore. Dal centro O, con un raggio A O, eguale a quello della manivella, avendo tracciato una semicirconferenza (supponendola divisa di cinque in cinque gradi), e per cadauno dei punti di divisione abbiamo abbassato delle perpendicolari sulla linea A B, che rappresenta la corsa intiera del pistone. Le lunghezze A *p*, A *q*, A *r*, A *s*, ecc., indicano le posizioni successive di quest' ultimo, corrispondenti a quella della manivella, facendo tuttavolta astrazione dalla lunghezza della biella, che la dimensione del foglio non ci avrebbe permesso indicare, e che del resto si può rilevare facendo il tracciato in grande.

Con un raggio O *c*, eguale a quello dell' eccentrica, ovvero alla metà della corsa del distributore, noi tracciamo del pari una circonferenza, che dividiamo in parti eguali, a partire dal punto *c* collocato a 36°, a destra della verticale passante per il centro O.

I punti *a*, *f*, *g*, *h*, *i*, ecc., di questa circonferenza danno le posizioni del centro dell' eccentrica, corrispondenti ai punti *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, ecc., che rappresentano quelle del pistone.

Ora, dove si collochi il distributore T (fig. 2) in modo che la sua estremità *b*

si trovi ad una distanza di 6 millimetri dal punto E della luce d' introduzione, la quale distanza corrisponde all' angolo di 7°, e tracciando per questo punto b una linea orizzontale $b\,b'$ parallela ad A B. si avrebbe in a la posizione del distributore corrispondente a quella A del pistone alla estremità della sua corsa. Se allora si riporta da e' in j', per esempio, la lunghezza $e\,j$ tracciata perpendicolarmente a $c\,d$ (fig. 1) il punto j' darà la nuova posizione del distributore, corrispondente a quella p del pistone. Si troverebbero egualmente le posizioni successive k', l', m', n', ecc., di questo distributore, le quali corrispondono a quelle $q\ r\ s\ t$ del pistone, riportando le distanze $f\,k$, $g\,l$, $h\,m$, $i\,n$, di f' in k', di g' in l', di h' in m', ecc., ed ammettendo egualmente che il tirante dell' eccentrica avesse una lunghezza indefinita; di maniera che unendo tutti i punti a, j', k', l', m', n', ecc., si forma una curva continua e chiusa, che non è altro che un'ellisse, di cui troveremo facilmente le principali dimensioni.

Osserviamo anzi a tutto che avremmo potuto trasportare il centro O dell' eccentrica in o' a mezzo della verticale $i^2\,y$ compresa fra le due orizzontali $n'\,i^2$, e $b^2\,y$ che segnano i limiti della corsa del distributore, e che sono tangenti alla curva (dove non vi avesse ricoprimento esteriore, nè precessione all' introduzione, il grande asse sarebbe sulle linee E F, ed il piccolo sulla verticale che passa per il punto O). Portando così il punto di partenza c in c^2, e successivamente i punti e, f, g, i, ecc. in e^2, f^2, g^2, i^2 si avrebbero direttamente i differenti punti j', k', l', m' di questa medesima curva per le orizzontali indicate nella figura.

Ora è facile di riconoscere subito che tirando il diametro $c^2\ u^2$, se dal punto u^2 si traccia la linea orizzontale $u^2\ a'$, ovveramente se dopo aver abbassato la perpendicolare $u^2\ d^2$ sulla corda $c^2\ d^2$ si porta la sua lunghezza da b' in a', il punto a' indicherà la posizione del distributore corrispondente a quella B del pistone, pervenuto all' altra estremità della sua corsa, e la linea $a\ a'$ non sarà altro che il grande asse dell' ellisse.

E se dal punto o', che è il mezzo di $a\ a'$, si traccia su questa linea la perpendicolare $c'\ d'$ che si fa eguale alla corda $c\ d$, o a quella $c^2\ d^2$, si avrà il piccolo asse della stessa ellisse.

Così basta, per tracciare questa curva coi mezzi ordinarii, il determinare i due assi, come abbiamo detto: lo che evita tutte le operazioni precedenti.

Questa curva tracciata ha il vantaggio di presentare di un solo tratto tutte le posizioni relative del distributore e dell' eccentrica. Così si vede subito che il pistone partendo dall' estremità A per muoversi da sinistra a destra nella direzione della freccia, il distributore discende da a per aprire la luce d' introduzione L' di mano in mano. Ma quando il pistone è arrivato in t, il distributore è pervenuto al più basso della sua corsa, all' altezza di n', vale a dire che l' angolo b si trova in u^2 sulla linea orizzontale $n'\ i^2$; la luce L' è dunque aperta sulla larghezza E u^3, di 23 millimetri. Ora la larghezza intiera di questo orifizio è di 38 millimetri. si vede quindi ch' esso non è mai aperto di tutta questa quantità.

Il pistone continuando la sua corsa verso la destra, il distributore comincia a rimontare, e per conseguenza a chiudere successivamente la luce d'introduzione L'; tuttavia il suo cammino non è rapido; e non è se non quando esso è arrivato in C (fig. 1), vale a dire che il punto b si trova in E (fig. 2) ch'esso chiude compiutamente quest' apertura. Il vapore si trova in questo momento intercettato, il pistone è allora in D, verso i 3/4 della sua corsa

circa. Gli è in questo istante che comincia la espansione, vale a dire che il vapore introdotto nel cilindro a sinistra del pistone, va ad agire per espansione, e fa continuare il cammino di quello sino alla fine della sua corsa, purch' esso tuttavolta non abbia azione nei pezzi mobili dell' appareccbio. Ora, come abbiamo detto, quest' azione esiste sempre dopo un breve lavoro: lo che ritarda necessariamente alcun poco il movimento della espansione.

Ma sebbene la luce d' introduzione sia chiusa, la luce di scappamento L², non lo è ancora, perchè, come abbiamo vedoto prima, la precessione alla uscita è maggiore di quella dell' entrata: essa è in effetto di 17 millimetri; la comunicazione col tubo L che va al cammino esiste dunque ancora. Nulladimeno è facile di vedere, seguendo la curva elittica, che questa comunicazione non può aver luogo che fino in G, che corrisponde alla posizione H del pistone. In questo momento il punto v del distributore (figura 2) è arrivato in x, e come esso continua sempre ad innalzarsi, mentre il pistone termina la sua corsa, l'interruzione ha luogo necessariamente da due lati. Il vapore che era a destra del pistone ha dovuto essere compiutamente evaso, senza che quello che rimaneva ancora producesse una contropressione tendente a rallentare la velocità del pistone.

Quando il distributore è pervenuto in I, vale a dire eb' esso è innalzato di una quantità tale che il punto z sia in z' (fig. 2), esso comincia a scoprire la luce d' introduzione L′ interiormente, per conseguenza a stabilire la comunicazione col tubo di scappamento L. Così, il vapore che è entrato nel cilindro e che ha agito sul pistone per tutta la lunghezza A H, comincia a scappare all' infuori. Quello termina la sua corsa con meno di velocità, mentre il distributore al contrario continua ad innalzarsi rapidamente; finalmente, a qualche millimetro dall'estremità B, il distributore arrivato in K comincia a scoprire l'orifizio inferiore L², e quando il pistone è precisamente al termine della sua corsa, esso è in a', vale a dire che esso apre di 6 millimetri questa luce inferiore, come lo indica la fig. 3, sulla quale è tracciato lo stesso distributore e si vedono gli stessi orifizii he nella fig. 2. Si capisce ch'esso occupa, per questa estremità della corsa, una posizione tutto affatto analoga, ma in senso inverso a quella ch'esso aveva nella figura precedente. Sarebbe facile continuando la curva di seguire il cammino identico ch'esso prenderebbe, mentre il pistone ritornerebbe sopra sè stesso da B in A.

Abbiamo indicato in T′ colla punteggiata (fig. 3) una posizione del distributore, collocato nel mezzo, per far vedere il ricoprimento interno di 13 millimetri, che si lasciarono per impedire al vapore di scappare troppo presto, e per di là lasciargli produrre il più di effetto utile possibile, ed il ricoprimento esterno di 24 millimetri, oltre le luci d' introduzione.

Tracciato del cammino del distributore delle macchine **Vesta** *e* **Stephenson.**

Nelle due macchine locomotive di R. Stephenson, che fanno il servizio sulla strada di ferro di Saint-Germain, si può vedere che il costruttore ha dato ai distributori pochissimo di precessione e di ricoprimento; ne risulta da ciò anche un'assai debole espansione, sopra tutto nella *piccola Stephenson*.

Le dimensioni principali di queste macchine sono le seguenti:

Macchine di	Stephenson	Vesta
Diametro dei pistoni	0m,305	0m,330
Corsa dei pistoni	0 ,458	0 ,458
Angolo di precessione.	11°,20′	25°,50′
Precessione all' introduzione	0m,005	0m.008
Precessione allo scappamento	0 ,006	0, 014
Ricoprimento interno	0 ,0025	0 ,006
Ricoprimento esterno	0 ,0035	0, 012
Diametro dell' eccentrica	0 ,090	0 ,093
Corsa dei distributori	0 ,090	0 ,093
Lunghezza delle luci	0, 202	0 ,242

Dietro a questi dati, abbiamo eseguito nelle figure 4, 5, 6 tracciati geometrici analoghi a quelli di cui abbiamo porto la spiegazione per la macchina *Saint-Germain*.

Quello della *Stephenson* è indicato dalle fig. 4 e 5; si può vedere per l'ellisse a^3 m b^3 d^3, come, per tutta la lunghezza A D della corsa del pistone, il distributore lascia entrare il vapore per la luce L′; quest' ultima non è compiutamente chiusa che allora quando il distributore è in C^3; il pistone, camminando nella direzione della freccia F, non ha più che la distanza D^3 B a percorrere per terminare la sua corsa. La espansione non ha dunque luogo se non per un piccolissimo spazio. Si può vedere egualmente che la luce di scappamento ha potuto restare aperta in tutto questo tempo, e ch' essa chiudesi anche un poco più tardi. Il punto m, il più basso della curva, indica che il distributore discende sensibilmente al di sotto dell' orifizio L′, e dà uno scoprimento esterno di 17 millimetri. Il grande asse a^3 b^3 dell'ellisse tracciata è necessariamente assai poco inclinato, il suo piccolo asse c^3 d^3 determinato dalla corda c^3 d^3 è quasi eguale al diametro dell' eccentrica.

Nella *Vesta*, il cammino del distributore è figurato dalla curva ellittica a' C c^3 a d^3.

Questo distributore è rappresentato nella fig. 6 colla sezione degli orifizii; si suppone che il pistone cammini nella direzione della freccia F'. È facile di vedere che l'entrata del vapore è interrotta, quand'esso è pervenuto in D, perchè allora il distributore si trova in C, e chiude la luce d'introduzione L' (fig. 6). In questo punto, la macchina comincia a camminare per espansione, e continua tutto il resto della corsa D A.

Regolando la macchina a una precessione di 30°, in luogo di 25° 30', si trova che la curva prende la figura indicata colle punteggiate a^2 C c^4 a d^4, il cui asse maggiore a a^2 è necessariamente un poco più inclinato del precedente a a', e di cui l'asse minore c^4 d^4, è del pari più piccolo di quello c^3 d^3, perch'esso è determinato da una corda c' d' più corta di quella c d. Ma allora, adottando questo angolo di 30°, bisognerebbe necessariamente cangiare il ricoprimento esteriore del distributore, senza di che si avrebbe troppa precessione all'introduzione; lo che sarebbe nocevole al buon andamento della macchina.

Segnali.

Oltre al fischietto a vapore, del quale abbiamo fatto cenno superiormente, ogni locomotiva porta all'esterno della camera del fumo, due fanali a vetri rossi, allo scopo di renderla visibile a qualche distanza nelle corse notturne. Come però anche questi segnali tornino insufficienti all'uopo, lo dimostrarono gli scontri fatali de' convogli avvenuti su molte strade-ferrate, con danno gravissimo non solo delle macchine e delle vetture, ma eziandio con deplorabili ferimenti, e talvolta colla stessa morte dei passeggeri.

Dopo molteplici esperimenti ed innumerevoli progetti di riforme, le amministrazioni delle strade-ferrate dovettero finalmente convincersi che forse l'unico mezzo di prevenire disastri simili, stava nel regolare il movimento dei convogli con tanta precauzione da rendere impossibile l'incontro sullo stesso binario di due convogli viaggianti. Ad oggetto di rendere evidente a colpo d'occhio il movimento così regolato, l'ingegnere C. Ybry immaginò un quadro indicatore da tenersi ostensibile nelle stazioni, e da esaminarsi ogni volta prima della corsa dal guidatore della locomotiva e dal capo-conduttore del convoglio.

Nella corsa di un convoglio possono considerarsi due elementi: vale a dire, lo spazio percorso ed il tempo impiegato a trascorrerlo.

Rappresentandosi in teoria lo spazio ed il tempo con due lati adiacenti di un rettangolo, il movimento risultante da questi due elementi sarebbe espresso dalla diagonale del rettangolo.

Se fosse possibile una velocità infinita, il viaggio di un convoglio sarebbe composto di un solo elemento, e s'indicherebbe colla verticale esprimente il momento in cui la velocità fosse stata ingenerata. Per lo stesso motivo, quando un convoglio sta fermo, il tempo trascorre, lo spazio percorso è nullo, e la linea orizzontale rappresenta il caso di una velocità eguale a zero.

Risulta da ciò, che tutte le possibili velocità saranno comprese fra i due lati dell'angolo retto rappresentante i due elementi della corsa; poichè l'orizzontale esprimerà un punto qualunque della percorrenza, mentre la verticale contrassegnerà un'ora qualsiasi della giornata.

Nell'esercizio si potrebbe applicare questa teoria, qualora un convoglio trascorresse da un capo all'altro della strada senza arrestarsi, e con una velocità uniforme per tutti i punti della percorrenza; il suo tragitto verrebbe allora

rappresentato dalla diagonale condotta dal piede della perpendicolare indicante l'ora di partenza alla sommità della perpendicolare che rappresenta l'ora dell'arrivo; questo però non è ammissibile in forza delle fermate nelle stazioni intermedie, delle ineguaglianze di pendenza e di altre circostanze locali. Il reale cammino di un convoglio è necessariamente rappresentato da una linea spezzata, composta di sezioni obblique, l'inclinazione maggiore o minore delle quali esprime le varie velocità, e le sezioni orizzontali dinotano nella loro estensione la somma del tempo delle fermate.

Il quadro sinottico del regolare andamento dei convogli, rappresentato nella Tavola XLV delle *Arti del calcolo*, comprende la reticola destinata al tracciato di tutte le corse sopra una linea di strada-ferrata, e la composizione grafica del servizio giornaliero.

La reticola è un rettangolo la cui base orizzontale è scompartita comunemente in 24 parti, di 60 suddivisioni ciascuna, indicanti le ore ed i minuti, mentre la base verticale divisa in chilometri esprime lo spazio da percorrersi. Nella tavola sono indicate soltanto $8\frac{1}{2}$ divisioni, equivalenti ad 8 ore, 30 minuti per non renderla troppo grande.

Vuolsi inoltre vicino al rettangolo un profilo del terreno colle ineguaglianze della linea che possono influire sulla velocità del convoglio.

Per tutti i punti di divisione della base chilometrica sono condotte linee orizzontali, ed allo stesso modo, per tutte le divisioni e suddivisioni della base oraria sono elevate linee verticali. Le intersezioni di tutte queste orizzontali e verticali possono esprimere le diverse posizioni dei convogli a tutte le ore del giorno, in qualsiasi punto della percorrenza.

Così le linee punteggiate A B e C D indicano la partenza o salita d'un treno, e le linee A′ B′, C′ D′ il ritorno o la discesa. Le linee E F, formate di un tratto continuo e di un altro punteggiato, rappresentano un convoglio di merci ascendente, e quindi con piccola velocità, mentre le linee E′ F′ costituite da due tratti continui, dinotano la discesa dello stesso treno.

Stabilito ciò, sarà facile riconoscere il tempo che metterà uno di questi convogli a percorrere un numero dato di chilometri od a raggiungere una stazione. Così, per es., il convoglio C D partito a 5 ore, giungerà nella prima stazione *a*, alla distanza di 2 chilometri, a 5 ore 23 minuti, vi si fermerà 5 minuti; indi riprenderà il viaggio per arrivare nella seconda stazione *b* distante 4 chilometri dalla prima, a 5 ore 50 minuti; continuando la corsa, toccherà successivamente le altre stazioni *c*, *d*, a 6 ore 23 minuti, ed a 6 ore 47 minuti, arriverà alla stazione finale D a 7 ore 12 minuti, ed effettuerà il suo ritorno nello stesso modo.

Esaminando il viaggio del convoglio di merci E F, si riconosce che, partito a 4 ore, giunge nella prima stazione a 4 ore 47 minuti, vi si ferma 5 minuti, traversa il tunnel F, ed arriva nella stazione *b* prima del convoglio a gran velocità partito a 5 ore; indi attendendo l'arrivo di quest'ultimo si ferma per 30 minuti, riparte soltanto dopo la sua partenza per toccare la metà a 8 ore 30 minuti. Osservasi che l'incontro dei convogli ascendenti e discendenti ha luogo, per quello a grande velocità nel punto *h*, e per quello a piccola velocità in *i*; l'ora della partenza è combinata opportunamente perchè l'incontro non possa mai aver luogo in un tunnel, nè in una curva.

Questa disposizione del quadro dà

adunque per ogni linea di strada-ferrata, l' indicazione dei punti di partenza e di arrivo dei convogli, del passaggio dei tunnel, ponti, ecc., ed è facile a comprendersi quanto sia semplice e rapido il tracciato grafico dell' esercizio sopra la reticola.

Se fa d' uopo d' un convoglio speciale, si può con questo mezzo determinarne la corsa e precisare immediatamente e senza calcoli, dietro ispezione del quadro, le ora di passaggio del treno nei differenti punti della linea, la sua velocità, le sue fermate, ecc., in modo da non inceppare il servizio dei convogli regolari.

Il quadro sinottico è completato da uno strumento detto indicatore delle velocità.

Questo strumento, rappresentato di faccia e di fianco nella Tavola, fa l' ufficio d' un regolo a T, la cui tavoletta trasversale scorre lungo la base orizzontale del quadro reticolato, mentre il regolo H è mobile sopra un asse *m* assicurato sulla tavoletta.

L' estremità inferiore del braccio mobile termina in un arco di cerchio dentato *n*, che ingrana con un rocchetto *o*, il cui perno porta un indice girevole sul disco graduato *q*.

L' arco di cerchio è di raggio tale da offrire nella sua sviluppata una lunghezza eguale alla periferia del rocchetto.

Quando il regolo forma angolo retto colla tavoletta, l' indice segna O nel circolo graduato. Ora facendo variare l' inclinazione del regolo mobile H, l'indice *p* descriverà un arco, e se si porterà il regolo da uno dei suoi estremi all' altro, l' arco di cerchio *n* si svilupperà del tutto, il rocchetto *o* farà un giro intero, e l'indice, dopo aver successivamente percorso tutto il disco graduato, ritornerà alla sua primitiva posizione.

Gli angoli d' inclinazione formati dal regolo colle orizzontali indicanti lo spazio sono tutti eguali, perchè corrispondenti, e quindi tutte le linee tracciata colla stessa inclinazione sono eguali, come lo sono pure le velocità rappresentate dalle medesime.

L' indicatore ora descritto può dunque servire: 1.° a determinare l' inclinazione che deve avere una linea per rappresentare una velocità cognita segnata dall' indice; 2.° a dare senza calcolo la velocità d'un convoglio applicando l'indicatore contro l'obbliqua del quadro regolatore, e rilevando sul quadrante la velocità accusata dall' indice.

Per quanto ingegnoso sia il quadro indicatore d' Ybry, non v' ha però chi non vegga, come possa servire soltanto a prevenire parzialmente, con un esercizio scrupolosamente regolato, gl' inconvenienti derivanti dalla imperfezione dei mezzi di segnalamento, poichè le nozioni desumibili dall' indicatore saranno giuste nel solo caso che tutte le corse succedano normalmente. Ciò non di meno, per quanto siano state in precedenza studiate e scrupolosamente calcolate, un accidentale ritardo di un convoglio potrà rendere fallaci tutte le previsioni, e dar origine ai più funesti accidenti.

Le linee telegrafiche stabilite attualmente lungo la massima parte delle ferrovie presentano un mezzo di corrispondenza pronto e sicuro fra una stazione e l'altra, ma insufficiente pel caso in cui un convoglio per un accidente qualunque restasse a mezza strada. In tale circostanza importerebbe di preferenza un immediato segnalamento fra le stazioni più prossime. Vedemmo in fatti anche ultimamente un convoglio di strada-ferrata nel granducato d' Assia uscito dalle rotaie, con molti passeggeri feriti pel rovesciamento d' alcune vetture, dover

ettendere per quattro ore una locomotiva e le vetture di soccorso. Breguet riuscì e provvedere anche a questo bisogno introducendo sui convogli alcuni apparati di telegrafia elettrica, mercè ai quali un filo metallico, ogni qualvolta occorra, può essere posto in comunicazione col filo condottore condotto lungo la strada, e quindi coll' ufficio telegrafico della stazione più vicina.

Questo trovato, sebbene ingegnoso, non andava però immune da difetti, in quanto supponeva l' esistenza di un filo telegrafico lungo le linea, e richiedeva che il convoglio stesse fermo. La completa soluzione del problema era riservata el cav. Bonelli, il quale riuscì e stabilire una comunicazione telegrafica fra un convoglio sito in qualunque punto ed anche in atto di corse, cogli uffizii telegrafici delle stazioni prossime non meno che con un altro convoglio viaggiante, valendosi d' un apparato di sua invenzione, il cui principio non è ancora reso di pubblica ragione. Consta però che l'inventore abbia fatto sul tronco di strada-ferrata fre Torino e Moncalieri il primo esperimento col suo telegrafo locomotivo, ricevendo e rimandando in piena corsa dispacci alla stazione da cui era partito. Quantunque le circostanze fossero le più sfavorevoli, egli ottenne un risultamento pienissimo. Col mezzo di un vaggone, che correva colla velocità di 30 chilometri per ora, furono scembiate continuamente dimande e risposte colla stazione di Torino durante tutta la corsa. L' apparato verrà fra breve posto in opera sino a Truffarello, ed una Commissione verrà deputata ad accertarsi ufficielmente di questa scoperta, corrispondendo fra due convogli viaggianti coll' ordinaria velocità, nonchè colle stazioni di Torino, Moncalieri e Truffarello.

Apparato di pesatura per le locomotive.

Nelle fig. 1, 4, 15 e 16 rappresentanti la locomotiva *Crampton*, si vede anche un apparato per pesare locomotive, formato di un sistema di sei bilancie e ponte.

Le diverse figure rappresentano il sistema completo, cioè: 1.° una veduta esterna; 2.° una sezione trasversale secondo le linea 9-10, fig. 15; 3.° un'altra veduta esterna nella profondità della cavità dove sono gli appoggi; 4.° parte della pianta.

Ciascuna delle 6 bilancie è calcolata per fere eqoilibrio ad 8000 chilogrammi con un peso di chil. 82,5. Sulle leve estreme s' applicano due robusti telai che sopportano un tavolato sul quale sono fissi i cuscinetti dei raili, e tutto questo sisteme costituisce il *ponte*.

Sopra ogni ponte trovansi parti fisse sorrette da colonne di ghisa che possono servire enche per indici.

Le bilancie propriamente dette consistono di colonne di ghisa A^6 assicurate con viti sopra zoccoli di pietra, e munite nella parte superiore di guenciali d' acciaio. Sopra questi cuscinetti appoggiano le leve B^6, con braccie ineguali, essendo le più corte in comunicazione colle leve dei ponti, mentre le più longhe ricevono all' estremità i piatti per i pesi C^6. Sopra questi ultimi si mettono soltanto i pesi più forti, mentre pei minori servono i piatti s^6 e pei minimi le bacinelle y^6. Il braccio più longo è inoltre suddiviso e modo di stadera, affin di precisare le ultime differenze col romano X^6.

Per verificare l' esattezza dell' operazione servono due lame di ferro a gombito assicurate sulla colonna principale, all' estremità delle quali devono corrispondere le linguelle B^6.

Al braccio minore d'ogni leva è adattato un tirante di ferro v^6 che passa sotto il ponte, e si congiunge ad una leva di ferro bisquadro U^6, il di cui fulcro appoggia in t^6 sopra guancialetti inseriti in zoccolo separato. Havvi presso al centro un doppio spigolo s^6 che solleva due cappe r^6. Queste reagiscono nella loro parte inferiore sulle due leve doppie Q^6 che fanno centro in p^6 e appoggiano sopra quattro guancialetti fissi sopra dadi assicurati nel suolo: vicino al loro centro hannovi due risalti o^6 ai quali corrispondono i cuscinetti n^6 fissati sul tavolato dei ponti.

Le due leve ultimamente citate sono disposte ai lati della leva U^6, agiscono ad ogni estremo dei punti in proporzione eguale, e sollevano quindi i ponti parallelamente.

Dati e risultamenti pratici della locomotiva Crampton.

Consumo di combustibile per ogni chilometro e con un carico medio di 107 tonnellate, da 8 a 9 chilogrammi di coke.

Peso della macchina rifornita d'acqua e di coke:

Sulle ruote anteriori	11600	chilogrammi
Sulle ruote di mezzo	4000	
Sulle ruote motrici.	11500	
	27100	

Peso del tender, ossia forgone carico d'acqua e di 25 panieri di coke:

Sulle ruote anteriori	8400	chilogrammi
Sulle ruote posteriori	9230	
	17790	

Capacità del tender: metri cubi d'acqua. .	672	
chilogrammi di coke. .	2000	

Lunghezza totale della locomotiva col tender: metri 13,45.

Velocità. 75 chilometri all'ora in servizio regolare a grande velocità. 60 chilometri in servizio ordinario.

Prezzo. Macchina	58000 fr.
Tender.	10500
Totale. .	68500

Dimensioni proporzionoli delle parti principali che costituiscono una locomotiva.

Indicazioni delle parti	In funzioni del raggio dell'asse a manivella	In funzioni del diametro della caldaia cilindrica = D
Raggio dell'asse a manivella	r	0.2 D
Diametro delle ruote motrici per grandi velocità	$10r$	2 D
Diametro delle ruote motrici per velocità medie	$8r$	1.6 D
Diametro delle ruote motrici per piccole velocità	$6.66r$	1.33 D
Lunghezza delle bielle	$5r$	D
Lunghezza delle piastre longitudinali interne del telaio.	$10r$	2 D
Lunghezza delle guide	$3r$	0.6 D
Diametro dei cilindri a vapore	$1.75r$	0.35 D
Lunghezza delle luci	r	0.2 D
Larghezza delle luci	$0.2r$	0.04 D
Diametro dei tubi d' ammissione del vapore:		
1.° per i due cilindri	$0.75r$	0.15 D
2.° per un solo cilindro	$0.5r$	0.10 D
Larghezza della graticola del fornello.	$5r$	D
Lunghezza detta detto	$\frac{P'}{2500\,r}$	$\frac{P'}{500\,D}$
(P' = alla quantità di coke bruciato per ora e 500 = al coke bruciato per met. quad. di superficie della graticola nello stesso tempo.)		
Larghezza del fornello	$5r$	D
Altezza detto	$5.75r$	1.15 D
Lunghezza	———	$\frac{S}{33m\,D} - 0.7D$
(m = rapporto fra le superficie riscaldanti diretta ed indiretta S = superficie dei tubi).		
Numero dei tubi (d = diametro d' un tubo)	$6.25\,\frac{r^2}{d^2}$	$0.25\,\frac{D^2}{d^2}$
Superficie riscaldante diretta	———	$\frac{1.65\,D^2}{m\,d}$
Superficie riscaldante indiretta o per contatto	———	$\frac{1.65\,D^2}{d}$
Diametro del fumaiuolo.	$1.75r$	0.35 D
Diametro degli stantuffi delle trombe alimentari	$0.15r$	0.03 D

Dimensione delle locomotive per un consumo costante di 500 chilogrammi di coke per ora, e per diverse larghezze del binario.

Distinta delle parti	Larghezza della strada					
	1m,40	1m,54	1m,68	1m,82	1m,96	2m,10
Diametro della caldaia cilindrica	1m,00	1m,10	1m,20	1m,30	1m,40	1m,50
Raggio della sala a gombito *(coudé)*.	0,20	0,22	0,24	0,26	0.28	0,30
Diametro delle ruote motrici. 1.°	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
» 2.°	1,60	1,76	1,92	2,08	2,24	2,40
» 3.°	1,33	1,46	1,60	1,73	1,86	2,00
Lunghezza delle bielle . . .	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
Lunghezza delle traverse e della caldaia cilindrica . . .	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
Lunghezza delle guide . . .	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90
Diametro dei cilindri a vapore.	0,350	0,385	0,420	0,455	0,490	0,525
Luci dei distributori :						
Lunghezza	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
Larghezza.	0,040	0,044	0,048	0,052	0,056	0,060
Diametro del tubo d' ammissione del vapore :						
per 2 cilindri . .	0,150	0,165	0,180	0,195	0,210	0,225
per 1 cilindro . .	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
Larghezza della graticola e della cassa da fuoco	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
Lunghezza id. id. .	1,00	0,91	0,83	0,77	0,72	0,66
Altezza della cassa del fuoco .	1,15	1,27	1,38	1,50	1,61	1,72
Numero dei tubi.	156	190	228	264	305	350
Diametro del camino . . .	0,330	0,375	0,420	0,455	0,490	0,525
Diametro delle valvole di sicurezza	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
Diametro dei pistoni delle trombe alimentari	0,050	0,033	0,036	0,039	0,042	0,045
Superficie del fornello diretta .	m^2 5,60	m^2 6,10	m^2 6,62	m^2 7,20	m^2 7,80	m^2 8,50
Superficie del fornello per contatto	41,00	55,00	71,00	90,00	112,00	138,00
Rapporto fra le superficie del fornello	7,3	9,0	10,7	12,5	14,3	16,[illegible]

Distinta delle parti	Larghezza della strada					
	$1^m,40$	$1^m,54$	$1^m,68$	$1^m,82$	$1^m,96$	$2^m,10$
Superficie totale del fornello .	$46^m,60$	$61^m,10$	$77^m,62$	$97^m,20$	metri 119,80	metri 146,40
Quantità di coke bruciata per ogni ora e per ogni metro quadrato della superficie del fornello.	chil. 10,75	chil. 8,15	chil. 6,40	chil. 5,12	chil. 4,17	chil. 3,40
Quantità di calore passante per ora e per metro quadrato di superficie di tutto il fornello.	*Unità di calore.* 32000	28000	25000	22000	19000	165000
Quantità di calore utilizzato per chilog.° di coke bruciato.	2960	3420	3550	3950	4250	4550
Temperatura del fumo uscente dai tubi.	630°	575°	530°	480°	430°	395°
Spese relative per la medesima produzione di vapore. . .	1,16	1,000	0,965	0,870	0,805	8760
Lavoro prodotto per:	*Chilogrametri.*					
1.° Espansione e riscaldamento del vapore prima del suo passaggio nei cilindri	11000	12800	14600	16100	17100	18200
2.° Senza espansione, nè riscaldamento del vapore . . .	6200	7250	8250	9100	9700	10300
Forza in cavalli:						
1.° Con espansione e riscaldamento	147	170	195	215	228	243
2.° Senza espansione nè riscaldamento	84	97	111	122	130	138
Peso delle macchine . . .	chil. 12000	15000	18000	21000	24000	27000
Carico rimorchiato.						
1.° Grande velocità:						
Espansione e riscaldamento .	50900	63800	76200	89600	103000	120300
Senza espansione nè riscaldamento	92000	114800	138200	161500	187000	225300

DISTINTA DELLE PARTI	LARGHEZZA DELLA STRADA					
	1m,40	1m,54	1m,68	1m,82	1m,96	2m,10
2.° Velocità media:						
	chil.	chil.	chil.	chil.	chil.	chil.
Espansione e riscaldamento .	67500	82800	100200	118500	137000	159300
Senza espansione nè riscaldamento	118500	148800	178200	209500	241300	282300
3.° Piccola velocità:						
Espansione e riscaldamento .	83500	103800	125200	146500	169000	197300
Senza espansione nè riscaldamento	145500	181800	218200	354500	296000	347300
Velocità dei pistoni:						
Espansione e riscaldamento .	3,90	3,65	3,47	3,25	3,50	2,75
Senza espansione nè riscaldamento	1.35	1,26	1,20	1,13	1,04	0,95
Velocità sulla via:						
Espansione e riscaldamento 1.°	30,60	28,65	27,30	25,50	23,60	21,60
id. 2.°	24,50	23,00	21,80	20,40	18,80	17,30
id. 3.°	20,40	19,10	18,20	17,00	15,70	14,40
Senza espansione nè riscaldamento 1.°	10,60	9,80	9,40	9,10	8,15	7,45
id. 2.°	8,45	7,90	7,55	7,10	6,50	5,95
id. 3.°	7,05	6,58	6,25	5,90	5,42	4,95
Velocità in chilometri, per ora:						
Espansione e riscaldamento 1.°	110	104	98	92	85	78
id. 2.°	88	83	78,5	73,5	68	62,3
id. 3.°	73	68,5	65,3	61	56,5	51,7
Senza espansione nè riscaldamento 1.°	38,20	35,30	54	32,80	29,40	27
id. 2.°	30,50	28,50	27,20	25,60	23,40	21,50
id. 3.°	25,40	23,70	22,60	21,30	19,60	17,80

Distinta delle parti	Larghezza della strada					
	$1^m,40$	$1^m,54$	$1^m,68$	$1^m,82$	$1^m,96$	$2^m,10$
Effetto utile,						
in chilogremetri per "						
1.° Grande velocità :	chil.	chil.	chil.	chil.	chil.	chil.
Espansione e riscaldamento .	7800	9200	10400	11400	12200	13300
Senza espansione nè riscaldemento	4900	5600	6500	7350	7650	8400
2.° Velocità media:						
Espansione e riscaldemento .	8300	9900	11000	12100	12900	13800
Senza espensione nè riscaldamento	5000	5900	6750	7400	7800	8400
3.° Piccola velocità:						
Espansione e riscaldemento .	8500	9950	11400	12500	13300	14200
Senza espansione e riscaldamento.	5120	6000	6800	7500	8000	8600
In cavalli :						
1.° Grande velocità :						
Espansione e riscaldemento .	104	123	138	152	162	173
Senze espeosione nè riscaldamento	65	75	87	98	102	112
2.° Velocità media :						
Espansione e riscaldamento .	111	132	146	161	172	184
Senza espensione nè riscaldamento	66,5	79	90	98	104	112
3.° Piccole velocità :						
Espansione e riscaldamento .	114	132	152	168	178	190
Senza espensione nè riscaldemento	68,5	80	91	100	107	115

LOCOMOTIVE DA MERCI SOPRA FORTI PENDENZE.

Le locomotive da merci differiscono da quelle a grande velocità soltanto nell' accoppiamento delle ruote. Abbiamo veduto di fatto nella macchina Crampton, che una locomotiva trascina sè stessa ed il convoglio soltanto in grazia dell' aderenza delle ruote motrici sulle rotaie, la quale alle sua volta dipende dal peso che sopra vi gravita; le altre quattro ruote servono soltanto a sostenere la macchina, e la loro aderenza sulle rotaie non trovasi utilizzata. Se invece si venisse a capo di unire tutte queste ruote fra loro in un sistema tale da farle cooperare al traimento, è naturale che per l'aumentata aderenza si potrebbero vincere resistenze molto più considerevoli, e quindi di rimorchiare convogli più forti o salire pendenze più ripide.

Ciò si è fatto per le locomotive da merci, munendo di zanche due od anche tre paia di ruote, e collegandole insieme con bielle. Tali macchine diconsi anche *a ruote accoppiate.*

Nei primordi, le locomotive a ruote accoppiate avevano un asse a manivella, cilindri interni inclinati, posti nella parte anteriore della macchina sotto la camera del fumo, e due paia di ruote sotto la caldaia. Nel caso di tre paia di ruote accoppiate ed assi a zanca, il terzo paio veniva posto molto all' indentro la piattaforma del macchinista.

Più tardi si adottarono i cilindri a vapore esterni e tre paia di ruote accoppiate situate sotto la caldaia. Questa disposizione implica però gl' inconvenienti che seguono: 1.° il peso dei cilindri e del fornello è a strappiombo; 2.° queste macchine sono poco stabili nella corsa e vanno soggette a scosse longitudinali (*galoppano);* 3.° applicando ruote di un diametro troppo piccolo mancano della velocità necessaria; 4.° questa costruzione non sarebbe ammissibile per macchine molto pesanti, mentre cagionerebbero un degrado troppo forte delle rotaie.

Le prime locomotive a quattro ruote accoppiate che si costruirono in Francia pesavano da 8800 in 9500 chilog.; più tardi se ne aumentò il peso a 13000 chilogr., e trovandosi insufficiente anche questo, s' accrebbe la forza delle macchine portandole sino a 19600 chilogrammi. Le locomotive a 6 ruote accoppiate sulla strada-ferrata del Nord, pesano da 22000 a 23000 chilogr.

Come abbiamo altrove accennato, il solo punto d' appoggio delle locomotive trovasi nell' aderenza delle sue ruote motrici sulle rotaie. Se questa non fosse sufficiente, la forza del vapore farebbe bensì girare le ruote, ma queste sdrucciolando sulle rotaie, anzichè aderirvi, girerebbero intorno a sè stesse e la macchina non avanzerebbe.

Quanto più considerevole è il carico che tira una locomotiva, tanto maggior forza le conviene sviluppare; e quindi tanto più resistenza troverà nel punto sul quale s' appoggia per avanzare.

Essendo l' aderenza indispensabile alla creazione del movimento progressivo, ci vogliono due condizioni perchè una locomotiva possa tirare un carico dato: 1.° che le dimensioni e proporzioni della macchina, e particolarmente del suo generatore di vapore, la rendano capace di produrre sugli stantuffi motori la precessione necessaria, lo che costituisce la forza o potenza propriamente detta della macchina; 2.° che il peso della macchina portato dalle ruote motrici sia tale da produrre una sufficiente aderenza delle ruote sulle guide. Queste due condizioni, potenza e peso, devono essere in certi rapporti,

poichè, come osserva Pambour, se vi è eccesso di forza (vapore) e poca aderenza, questa limiterà gli effetti della macchina e vi sarà spreco di vapore; e se vi è troppo peso per la forza esistente, questo peso riuscirà in tutti i movimenti un inutile aggravio, poichè in tal caso il limite del carico starà nel vapore.

Nelle locomotive a grandi velocità, non si osserva per lo più troppo rigorosamente questa regola; ma qualunque sia l'attenzione posta dal guidatore nell'aprire il regolatore per incominciare la corsa, gli riescirà di rado d'evitare, che le roote non iscivolino sopra le rotaie al momento di partenza del convoglio. Nè ciò deve recare sorpresa, dove si consideri che i cilindri delle locomotive veloci, in proporzione all'aderenza, sono d'una capacità due volte e mezzo superiore a quella dei cilindri delle macchine impiegate nel trasporto delle mercanzie.

La misura degli effetti dell'aderenza varia da $\frac{1}{6}$ ad $\frac{1}{20}$ del peso portato dalle ruote motrici; essa dipende moltissimo dallo stato delle guide e dall'atmosfera. Si consegue la massima aderenza, quando le rotaie sono perfettamente asciutte o completamente bagnate; nel caso più sfavorevole, quando cioè le rotaie sono umide ed unte di grasso, l'effetto dell'aderenza discende, secondo Wood e Pambour a $\frac{1}{20}$ del peso aderente.

Il massimo carico da darsi alle ruote motrici non sembra ancora essere stato definitivamente determinato. Il peso delle forti locomotive francesi a quattro ruote accoppiate, è da 13 a 1500 chilogrammi, ed il carico sopra gli assi motori varia dagli 6000 ai 8000 chilogr. Questo carico è inoltre accresciuto considerevolmente dal *galoppamento*; difetto al quale si cerca d'ovviare aggiungendo alla macchina un terzo paio di ruote più piccole; ma riguardo all'aderenza si possono dire più dannose che utili, giacchè non potendo essere accoppiate colle altre, convien dar loro un carico onde impedire che escano troppo facilmente dalla rotaia: carico che vien quindi sottratto alle roote motrici diminuendone l'aderenza.

Le locomotive più possenti a tre paia di ruote accoppiate, applicate in Francia sino al 1850, pesavano circa 23000 chilogr.; supponendo che il carico fosse stato egualmente ripartito sopra tutte le ruote, ogni sala sarebbe stata caricata di 7660 chilogr. Brunel costruiva in quell'epoca locomotive ad otto ruote accoppiate, che pesavano 36000 chilogr., ed avevano quindi per ogni sala un carico di 9000 chilogr.

Sino ad ora il carico più comune sull'asse motore nelle locomotive celeri francesi è di 10000 ad 11000 chilogr. (nella Crampton, 11,500, ossia $\frac{11}{27}$ del peso totale della macchina). Supposto che tale cifra non venga oltrepassata giammai, non vediamo perchè si dovesse esitare a dare un carico eguale anche agli assi dalle ruote accoppiate, delle macchine da merci, la velocità delle quali è ognora sensibilmente inferiore a quella delle macchine pei passeggieri.

Ammesso un tale carico e quindi la relativa potenza di aderenza, come pure una distanza delle sale simili a quella della locomotiva *Crampton* a grande velocità, le macchine da merci saranno benissimo atte a salir anche considerevoli pendenze.

Abbiamo detto che il peso aderente di qualsiasi locomotiva dev'essere in rapporto colla sua forza motrice, e ci occuperemo ora dei mezzi più comunemente usati per aumentarlo, sino a 9000 e 10000 chilogr. per asse.

Il primo consiste nel collocare un serbatoio d'acqua, per così dire, a cavalcioni della caldaia; il secondo nel far

portare dalla locomotiva una parte del peso del furgone o tender.

Quand'anche riesca possibile di rendere un siffatto serbatoio abbastanza grave per completare il peso necessario all'aderenza d'una locomotiva a sei ruote accoppiate, sarà però difficile al certo di indurlo senza inconveniente e dimensioni sufficientemente grandi per completare il peso aderente d'una locomotiva ad otto ruote accoppiate.

In questo caso si potrebbero anche unire tutti e due gli spedienti, ed allora preso il dato d'una locomotiva per un binario di metri 1,44 ad otto ruote accoppiate eguale a . . . . chilogr. 28000
ci vorrà un sopraccarico di 8000 chilogrammi per raggiungere un peso di 9000 chilog. per ogni sala, e si riuscirà nell'intento:
1.° mediante un serbatoio d'acqua supplementare, capace di tre metri cubi e pesante in tutto . . . . chilogr. 4500
2.° facendo portare alla macchina una parte del peso del tender, p. e. . . . . chilogr. 3500

Totale chilogr. 36000.

Sulle strade dove le rampe sono troppo prolungate per essere oltrepassate colla velocità acquistata, questi mezzi riescono efficaci, e si comprenderà di leggeri qual uso se ne possa fare.

Così, arrivato che sia un convoglio al piede della rampa, si riempirà d'acqua il serbatoio supplementario e si stringerà la vite per far caricar la macchina di parte del peso del tender. Nella discesa, all'incontro, si vuoterà completamente l'acqua, e si allenterà la vite suddetta, in forza delle quali disposizioni si giungerà ad alleggerire la macchina di 6,500 chilogr. riducendo il peso medio portato da ogni sala a chilogr. 7375.

Queste teoriche furono sviluppate meglio che altrove nelle quattro locomotive presentate al concorso pel Semmering e delle quali si è abbastanza parlato nella parte storica tanto delle strade-ferrate come delle locomotive. Abbiamo creduto opportuno di darne a maggior schiarimento i disegni, che sono facilmente intelligibili, essendoci limitati a rappresentare specialmente le parti che differiscono dalla costruzione della macchine ordinarie.

Nella Tavola CXLIII delle *Arti meccaniche*, la fig. 1 rappresenta la macchina *Bavaria*, ch'ebbe il premio, e dove si approfitta anche dell'aderenza del forgone accoppiandone le ruote e collegandole mediante una catena con quelle della macchina propriamente detta. La catena colle relative ruote dentate è rappresentata in maggior scala dalla fig. 1 della Tavola CXLV.

La fig. 2 riproduce le linee fondamentali della locomotiva *Seraing*, che consiste essenzialmente di due locomotive a 4 ruote accoppiate, riunite insieme mercè ai fornelli.

La fig. 3, ci dà a conoscere la disposizione delle ruote e biella nella *Vindobona*.

Maggiori sono le differenze nelle forme e costruzioni della *Wiener-Neustadt*, della quale la Tavola CXLIV ci dà una veduta esterna nella fig. 1, una pianta del telaio, dell'avantreno mobile e del movimento nella fig. 2, ed un dettaglio della distribuzione del vapore nella fig. 3.

La fig. 2 (Tav. CXLV) rappresenta inoltre una sezione trasversale, mentre un'altra sezione (fig. 4, Tav. CXLIII) mostra alcuni dettagli dei cilindri e dell'ammissione del vapore.

Avendo parlato del risultamenti ottenuti con queste quattro macchine nella corse di prova, non ci rimane quindi che di accennare ai progetti presentati nella stessa occasione, e dopo pubblicati i risultamenti delle sperienze.

Il concorso che il governo austriaco aperse per la fornitura delle locomotive del Semmering attrasse l'attenzione degl'ingegneri-meccanici e mise gl'inventori in una nuova via pratica, che presto o tardi condurrà ad uno scopo utile. Tuttavia, non è lecito ancora dar giudizio in modo definitivo sull'avvenire dei varii sistemi proposti; mentre altro non si fece che por in chiaro i vantaggi e gl'inconvenienti delle nuove locomotive.

Tale argomento assoggettato a nuovi studii, fece gran colpo nel mondo scientifico. Da tutti i paesi, ingegneri e pratici spedirono a Vienna progetti; i soli costruttori francesi sono rimasti quasi stranieri a questo concorso: essi non offrirono che un solo progetto. Esporremo adesso le principali disposizioni progettate, e forniremo alcune indicazioni utili per la costruzione delle strade-ferrate a buon mercato.

I progetti furono sette, ed eccone la descrizione sommaria:

1°. *Locomotiva-forgone doppia a sei ruote accoppiate (progetto presentato dal costruttore della* Bavaria).

Due locomotive a sei ruote sono ravvicinate ai fornelli in modo che ognuna possa percorrere curve di 180 metri di raggio. Per caricare le ruote motrici quanto sia possibile, si è posto l'approvvigionamento di acqua e di combustibile lungo la caldaia ai due lati; le ruote di ciascuna macchina sono accoppiate separatamente col mezzo di bielle comuni. A collegare le due locomotive fra loro, venne adattata dinanzi a ciascun fornello una sala senza ruote con una doppia manovella nel mezzo. Queste sacorse sono riunite col mezzo di bielle ed accoppiate colle sale motrici; in tal guisa, cadauna delle locomotive può essere adoperata separatamente, e quando sono accoppiate, le loro dodici ruote aderiscono alle guide di ferro.

Queste sono le principali disposizioni di tal macchina. Ecco ora il difetto che farà obice alla sua attuzione. L'accoppiamento delle sale libere con bielle non è più ammissibile pel tragitto delle curve, perchè queste sale formeranno tra loro un angolo tanto maggiore quanto più piccolo sarà il raggio di curvatura; la biella esterna dovrà in questo caso allungarsi, e l'interna raccorciarsi, locchè non può aver luogo se non entro il limite del giuoco dei cuscinetti, che è insufficiente nelle curve a raggio minimo; d'altra parte, riducendo questo giuoco alle dimensioni richieste dalle curve, non sarebbe più ammissibile, tostochè venissero a percorrersi le parti rettilinee della strada-ferrata.

Quindi avrà luogo l'una delle due: o si vorrà conservare l'accoppiamento, ed in questo caso si ricadrà ancora nella catena; o non si applicherà quest'ultima, ed allora invece di una macchina se ne avranno due col mezzo di forgoni, e lo scopo sarà fallito.

Passiamo alla seconda locomotiva.

2.° *Macchina a telaio mobile ed a sale motrici accoppiate col mezzo di bielle.*

La stessa idea, quella cioè dell'accoppiamento d'un carro mobile colle sale

motrici mediante bielle, venne presentata con molte modificazioni. In questi progetti, la caldaia ed il forgone furono fissati sopra un' incorniciatura che prende tutta la lunghezza; le due sale di mezzo sono applicate al telaio; le sale esterne s' imperniano in una cavicchia; le sale libere son poste sul forgone e sotto la caldaia; da queste sale discendono delle bielle verso le ruote motrici. È inutile di entrare in ulteriori particolarità; si vede subito che la questione non è avanzata di un passo. Le bielle sono sempre sollecitate dalle forze che tendono a far variare le loro lunghezze e che, agendo sulla sala libera, cercano di sollevarla e di abbassarla alternativamente; queste forze si fanno strada nei cuscinetti, perchè le bielle son rigide, ed in poco tempo questo sistema deve slogarsi. In somma la difficoltà consistente nel trovar bielle che si accorcino o s' allunghino, secondo che le curve percorse sono concave o convesse, tale difficoltà non ha che cangiato di posto; essa rimane la stessa in tutta la sua intensità.

3.° *Locomotiva ad otto ruote, con quattro ruote motrici.*

Questo progetto altro non è che una macchina americana colla parte anteriore del carro mobile posta assai dinanzi per riportare il carico sulle ruote motrici accoppiate. Cotale disposizione suppone che il carico sulle quattro ruote sia sufficiente per l' aderenza; suppone inoltre, come precedentemente, che una grande divergenza sia ammissibile nelle piccole curve, ciocchè venne riconosciuto come inaccettabile dopo l' esito delle sperienze fatte sul Semmering.

4.° *Locomotiva a forgone, con due sale libere e catena.*

Qui pure havvi la catena di connessione che ritorna come elemento indispensabile della trasmissione del moto. La caldaia ed il forgone son posti sopra una sola e medesima incorniciatura; due carri mobili sostengono il complesso della costruzione. Questo progetto può essere riguardato come ineseguibile, dietro quanto è stato detto circa alla catena.

5.° *Locomotiva a sei ruote.*

Due proposizioni ebbero luogo per le locomotive a sei ruote. Per ravvicinare queste ruote nei limiti della massima curvatura, è d' uopo far strappiombare la caldaia, la cui lunghezza dev' essere proporzionalmente grandissima esigendo essa una potente vaporazione; le ruote di mezzo sono poste contro le ruote motrici; la parte che strappiomba è di $2^m,55$. Sarà di mestieri eziandio di far seguire la macchina da un forgone supplementario, perchè quello posto sulla macchina è troppo piccolo per un tragitto alquanto lungo Questa macchina ha la stessa superficie di riscaldamento delle macchine comuni che trascinano soltanto 75 tonnellate, mentre le locomotive del Semmering devono poter rimurchiare 112 tonnellate. I convogli comuni non potranno quindi essere spediti che con due ed anche tre di queste macchine nella cattiva stagione, ciocchè è contrario alla supposizione. La lunghezza della macchina è di $7^m,40$; i tubi bollitori non sono sufficientemente lunghi, ed il furnello posto al terzo tra le ruote è d' una forma troppo incomoda per le riparazioni; l' inconveniente dell'accoppiamento è ancora quello stesso dei casi precedenti. Perciò la commissione

incaricata dell'esame di questi progetti ha dato definitivamente giudizio sfavorevole per le locomotive a sei ruote.

6.° *Macchina a due ruote orizzontali.*

L'idea di questa macchina che richiede una terza rotaia, non è nuova. Dovendo il peso totale della locomotiva servire per l'aderenza, diminuisce la sua azione in ragione diretta dell' aumento della pendenza. È d' uopo quindi che la forza motrice aumenti all'aumentare di questa pendenza, per controbilanciare la gravità che tende a far indietreggiare il convoglio. Siccome quest' aderenza diminuisce nelle salite, si fece uso di macchine eccessivamente potenti e quindi pesantissime che accrescono ancora il carico da rimurchiare. Ora, per non oltrapassare i limiti della resistenza della via ferrata, è stato ripartito il peso totale sopra molte ruote motrici, la cui divergenza non combinasi più con le curve.

Questi sono gli ostacoli che si ebbe in mira di vincere col mezzo della nuova macchina. Essa non agisce sola; il peso del carro serve pure all'aderenza; a questo scopo si pongono in opera due sale perpendicolari con ruote orizzontali che abbracciano una guida di ferro posto nell' asse della via, e che sono premute dal peso dei carri mediante un meccanismo semplicissimo. La pressione contro questa rotaia aumenta in pari tempo della inclinazione; la componente normale della gravità ed il peso del carro che agisce sulle ruote orizzontali divengono il generatore dell' aderenza.

Questa macchina si può descrivere con brevi parole: è composta di quattro cilindri, dai quali i due posti esternamente fanno girare sei ruote accoppiate che portano il peso totale della macchina, calcolato di 40 tonnellate: i due cilindri interni agiscono sopra due sale verticali zancate, a ruote orizzontali compresse da leve a molle alle quali è attaccata la catena del carro, e che tirano i sostegni inferiori delle sale; i sostegni superiori sono parimente collegati mediante molle, per favorire l' azione. L'allentamento di queste ruote orizzontali all' ingresso delle stazioni, nel passaggio delle freccie o delle parti orizzontali, può operarsi dal macchinista, che stacca la catena dalla molla di tiro e la pone sopra un uncino fisso.

In questo progetto, non si ebbe riguardo all' aderenza, e non vennero prese disposizioni per le curve; inoltre la rotaia di mezzo chiederebbe un sistema di via diverso da quello comunemente usato e che la commissione neppur crede praticabile.

7.° *Locomotive ad otto e a dodici ruote.*

Un progetto di una locomotiva ad otto ruote è stato mandato a Vienna da un ingegnere di Parigi. In questo progetto, le sale sono fissate al telaio in modo che la loro posizione esatta nelle curve diviene impossibile; tutte le ruote sono accoppiate mediante bielle rigide; l' aderenza è di 50 tonnellate; il forgone trovasi sulla macchina stessa. Questo concetto venne rigettato, per non corrispondere alla condizione primitiva che implica la facilità nel passaggio delle curve.

In un altro progetto, presentato dallo stesso costruttore, il peso totale della locomotiva trovasi ripartito secondo i bisogni, sopra otto, dieci o dodici ruote fissate in telai mobili; due cilindri danno il moto, che viene trasmesso con una ruota ad ingranaggio che trasmette il moto ai due carri col mezzo di due altre ruote ad ingranaggi. Questa trasmissione richiede una grande esattezza nella posizione dei denti, ciocchè non ha luogo nelle curve,

inoltre, tutta la forza motrice agisce sopra un dente solo, che infallibilmente si spezzerebbe. Del resto, la *Bavaria* ha provato esser questo sistema inapplicabile. Tale è il parere della commissione austriaca, che ha rigettato del pari questo secondo progetto.

Riassunto. — Nessuno dei progetti precedenti parve eseguibile, e siccome si è abbandonata la catena di connessione, si è dovuto pensare a ideare una nuova macchina capace di servire in modo permanente nell'esercizio. Appoggiandosi sulle sperienze e sui perfezionamenti ai quali le macchine del concorso contribuirono, e profittando delle idee dei nuovi progetti, il dotto ingegnere Engerth, capo della sezione delle strade ferrate al ministero dell' industria e dei lavori pubblici a Vienna, incaricato specialmente di questi studii, finì coll' immaginare delle locomotive-forgoni, attualmente eseguite, delle quali offriamo la descrizione:

SISTEMA DEFINITIVAMENTE ADOTTATO

Macchina-forgone.

La locomotiva-forgone è a dieci ruote di un diametro di 1^m05; le tre sale motrici poste vicinissime le une alle altre sul davanti, sono accoppiate mediante bielle; le due sale di dietro, egualmente accoppiate, sono indipendenti dalla parte anteriore del carro; le casse del forgone trovansi sopra le ruote motrici; i cilindri sono esterni; il peso totale che serve all' aderenza sopra le sei ruote è di 39 tonnellate. Per giungere all' accoppiamento delle dieci ruote di questi due sistemi, si è immaginata una ruota dentata d'acciaio tra la prima sala di dietro e l' ultima sala dinanzi.

Le particolarità in questo proposito sono importanti; e crediamo quindi non poter fare di meglio che ricopiare un estratto del quaderno degli obblighi imposti alle fabbriche wirtemberghesi di Essling e belgie di Seraing, incaricate della costruzione di 26 macchine:

« *Effetto della macchina.* — Le locomotive dovranno rimorchiare un carico lordo di 112 tonnellate con una velocità di 15 chilometri per ora (dapprima erano state fissate 140 tonnellate a 11 chilometri). La pressione effettiva massima sarà di otto atmosfere.

» *Meccanismo principale.* — I cilindri esterni orizzontali dovranno far muovere le sei ruote caricate di 39 tonnellate in totale. Le quattro ruote di dietro saranno poste nell'interno del telaio a carro mobile; il massimo del carico sopra una ruota non oltrepasserà 6,25 tonnellate; la forza motrice non agirà sulle ruote di dietro. La larghezza massima della locomotiva non oltrepasserà 2^m70; la macchina sarà ad espansione variabile, dietro il sistema Stephenson.

» *Ruote.* — Le sei ruote motrici saranno di ferro battuto; i loro contrappesi di ghisa ed i perni d' acciaio.

» *Sale.* — La spaziatura delle sale motrici esterne sarà di 2^m9; quella del carro mobile di 2^m40. Le sale saranno di ferro battuto della miglior qualità, i tronchi conici non saranno torniti nel corpo della sala, ma posti in accordo mediante cavetti.

» *Incorniciature a molle.* — Il peso della caldaia sarà riportato da molle sulle scatole da grasso. I telai, le loro colonne e le loro armature saranno di ferro battuto; le piastre di custodia saranno di ferro battuto e collegata fra loro in guisa che una flessione divenga impossibile.

» *Telaio mobile.* — Questo telaio comprenderà le due sale di dietro; formerà un rettangolo che cingerà il

fornello e sarà fissato mediante squadrette di ferro agli angoli. S' imperniera sopra una cavichia operaia di 0^m,12 di grossezza e sarà portato su due piatti girevoli di acciaio; la rotazione dovrà farsi in un angolo di 2°. La chiavarda ed i suoi piatti saranno muniti di apparati di unzione ad olio.

» *La caldaia* sarà soltoposta ad una pressione effettiva di 16 atmosfere.

» Il *fornello* sarà di rame della grossezza di 0^m,015; la distanza dei centri delle brocche di un diametro di 0^m,027, sarà di 0^m,12 al massimo.

» *I tubi bollitori* avranno una lunghezza di 4^m,50 e saranno di ottone inglese di 0^m,005 di grossezza, avranno un diametro esterno di 0^m,06.

» *La superficie di riscaldamento* sarà al minimo di 150 metri quadrati.

» *Il forgone* avrà il serbatoio d'acqua posto lungo la caldaia e conterrà 6^m,45 cubici d'acqua. All'estremità della piattaforma, sarà posta una cassa per contenere la legna da bruciare ed il coke.

» *I cilindri* saranno esterni e orizzontali; essi avranno un diametro di 0^m,54 ed una corsa di stantuffo di 0^m,72.

» *Freni.* — L' ultima sala della locomotiva sarà munita di un freno a vite. »

Le macchine recentemente pervenute furono esperite sopra luogo. Eccone il risultamento:

Sulla parte difficile del Semmering, la nuova macchina ha rimorchiato, con un tempo sfavorevole, sei carri a otto ruote di un peso di 105 tonnellate, con una velocità di 15 chilometri per ora.

Il secondo esperimento comprendeva sette carri di 123 tonnellate, con una velocità di 13 chilometri all' ora, poscia otto carri di 140 tonnellate con una velocità di 11 chilometri.

Questi sperimenti sono stati ripetuti diverse volte ed hanno sempre fornito buoni risultamenti, che sono il doppio di quelli che fornisce una locomotiva comune da merci.

L' esercizio con una parte di queste macchine ebbe luogo dal mese di ottobre 1853 in poi; al principio del 1854 la linea venne aperta interamente al servigio delle merci ed in luglio ai viaggiatori.

Le macchine che non hanno le loro dieci ruote accoppiate rimorchiano un carico di 122 tonnellate con una velocità di 19 a 22 chilometri all'ora, e quando sono tutte accoppiate rimorchiano 170 a 200 tonnellate con una velocità di 19 a 22 chilometri. Una di queste macchine da merci, a dieci ruote accoppiate, presta servigio da tre mesi senza interruzione; l' ingranaggio ed il meccanismo non portano la minima traccia di alterazione e nemmeno di logoramento.

Ammettendo una così debole velocità, non vi ha alcun dubbio che l' esercizio di questa strada non possa farsi con macchine comuni, come del resto ciò ebbe luogo al tempo del trasporto dei materiali per la costruzione della via. Vennero immaginate locomotive speciali per fare il servigio al minimo prezzo possibile. Siccome in generale si costruiscono macchine d' una forma particolare pei convogli straordinarii e per le merci, sembrò naturale di esperire una nuova forma applicabile ai tracciati di svariata configurazione. Queste macchine-forgoni offrono vantaggio sotto il rapporto delle spese di costruzione e manutenzione: non hanno che cinque sale e dieci ruote: due macchine americane comuni hanno 14 sale e 28 ruote coi loro forgoni; questo è dunque un utile del 64 per $\frac{0}{0}$ sul prezzo d' acquisto delle ruote. Le macchine-forgoni sono più corte, e siccome ciascuna di esse è chiamata a tener luogo di due altre

locomotive, i locali di custodia potranno esser più piccoli, ed il personale dei macchinisti, degli scaldatori e degli agenti d'officina potrà essere meno numeroso.

LOCOMOTIVE ARTICOLATE.

Sistemi francese ed austriaco.

Conclusioni.

L'idea di superare le grandi pendenze col mezzo delle strade-ferrate è vecchissima. Da principio si pose ogni studio nell'inventare macchine affatto speciali per questo scopo. Fin dal 1811 era stato preso un privilegio in Inghilterra per una locomotiva a ruote d'ingranaggio sulle rotaie, e per lunghissimo tempo il trasporto dai carboni fossili fu effettuato in alcune località con macchine di questa specie. Solo dopo un'esperienza di dodici anni si potè assicurarsi che l'aderenza delle ruote motrici era sufficiente a produrre il moto di traslazione; ma servendosi puranco delle locomotive, si costruirono macchine a vapore fisse per rimorchiare i convogli sulle grandi inclinazioni. Qualche tempo dopo, si avvertì di abbassare le altezze con opere d'arte, per evitare l'uso delle macchine stazionarie, ed a questa misura soprattutto sono dovuti i progressi scientifici delle strade-ferrate. Conseguito una volta questo risultamento, si è cercato di nuovo di tracciare delle grandi pendenze e delle curve a piccoli raggi, suscettibili ad esser superate con macchine potenti ed a ruote accoppiate. E dappoichè venne conosciuta la possibilità di fare con queste locomotive un servigio regolare sulle grandi pendenze, i progressi divennero sempre più rapidi, come puossi vedere nel quadro seguente che indica in ordine cronologico le operate modificazioni.

Indicazione delle linee e dell' epoca dell'esercizio col mezzo di locomotive		Calcolazione delle pendenze in millimetri per metro corrente	Lunghezza delle pendenze	Raggi delle curve più piccole
		millimetri	chilometri	metri
Baltimore-Ohio (America). . . .	1840	1:64 = 15	8	300
Baltimore-York (America). . . .	1840	1:63 = 16	6	200
Birmingham-Gloucester (Inghilterra).	1840	1:37,5 = 27	4	300
West-Greebush (America) . . .	1841	1:60 = 17	7	140
Springfield-Stockbridge (America) .	1842	1:66 = 15	10	140
Hazleton (America).	1843	1:37,5 = 27	3	150
Brunswick-Harzburg (Germania) .	1844	1:46 = 21	1	1000
Sassonia-Slesia	1845	1:55 = 18	2	400
Baltimore-Ohio (ramo)	1846	1:40 = 25	8	170
Andrezieux-Roanne	1846	1:34,5 = 29	3	300
Londra-Croydon	1847	1:50 = 20	8	260
Baviera-Sassonia	1848	1:40 = 25	7	450
Wurtemberg.	1850	1:45 = 22	6	225
Semmering	1854	1:40 = 25	5	180

Il problema dell' esercizio dei piani inclinati col mezzo di locomotive è in apparenza semplicissimo, ma presenta nella sua soluzione numerose difficoltà; le grandi pendenze implicano quasi sempre piccole curve che aumentano la resistenza del tiro in ragione inversa del raggio. Questa resistenza ha tre cause:

1.° La forza centrifuga, che preme l'orlo delle ruote contro le rotaie esterne;

2.° La disuguaglianza del cammino che due ruote invariabilmente fissate ad una sola sala devono percorrere.

3.° Finalmente, il parallelismo di due o molte sale attaccate ad uno stesso telaio e che impedisce loro di esser poste nella direzione normale del moto.

Gli effetti della forza centrifuga possono essere annullati dall'aumento di elevazione della rotaia esterna.

La seconda causa può essere diminuita dal giuoco della via e dalla conicità delle ruote, ma la conicità dei cerchioni perdesi dopo un certo uso. È quindi necessario di metter le ruote sul tornio per dare ad esse il profilo primitivo.

Finalmente, la terza causa, il parallelismo delle sale, dipende dalla loro distanza l'una dall'altra: coglie il suo massimo effetto nelle vetture a quattro ruote le cui sale hanno una grande deviazione. Perciò nelle vetture americane, le sale portatrici attaccate ad un treno mobile girano intorno ad una cavicchia operaia e così seguono la curvatura della via. Ma queste macchine non hanno altra aderenza che quella delle due ruote motrici.

Tali sono gli ostacoli, fatta astrazione dalla grande potenza di tiro, che si è cercato di vincere col sistema articolato.

Tutte queste considerazioni si collegano a quelle della costruzione delle strade-ferrate a buon mercato; poichè alla fin fine queste inclinazioni e le loro curve potrebbero essere evitate col maggiore sviluppo dell' asse della strada; ma ciò non sarebbe ammissibile nei casi in cui l' esercizio più non rendesse il frutto del capitale di costruzione.

Non vi è regola precisa per la determinazione di questi limiti. In Francia si fissavano, alcuni anni sono, nei quaderni degli obblighi, dei raggi al minimo di 1000 metri, ed in casi eccezionali di 800 metri con pendenze di 0^{m},005 per metro. Attualmente si giunse fino ai raggi di 350 metri, con una pendenza di 10 e 15 millimetri per metro corrente. In queste condizioni il materiale rigido può essere adoperato senza inconveniente, ciocchè non ha più luogo tosto che debbano esser oltrepassati i limiti delle curve.

A questo proposito sulle strade francesi non si è fatto che un solo tentativo pratico colle vetture articolate di Arnoux, sulla strada-ferrata da Parigi a Sceaux. Le casse sono portate da un carro mobile, come le due ruote dinanzi delle carrozze comuni; la locomotiva ed il primo carro sono guidati da quattro piccole ruote inclinate o morelle direttrici che si appoggiano contro le guancie interne delle rotaie.

Questi carri articolati, in uso da otto anni, saranno essi applicabili alle linee di grande traffico, e percorse a grande velocità? Questa è una questione che il tempo solo potrà risolvere.

A prima giunta, sembra che si possano realizzare grandi economie adottando queste vetture che circolano in raggi di 60 a 50 metri.

Il sistema d' articolazione non ha per anco prodotto sinistri; sembra anche offrire mezzi preservativi; poichè nell' incontro inesplicabile che recentemente avvenne di due locomotive sulla strada di Sceaux, si è prodotto un urto senza uscire dalle rotaie. Può darsi che siano le rotelle direttrici quelle che abbiano conservato le vetture nella via. Questo sarebbe, diciamolo di passaggio, un argomento da indicare alle investigazioni degl' inventori. Le rotelle direttrici possono esse nel materiale rigido evitare l' uscita dalle rotaie, e quale sarebbe in questo caso il loro modo d' applicazione?

Rispetto alle grandi linee, quella del Nord è la prima in cui si abbia fatto sperimenti a questo riguardo; si è interposto un carro articolato nei convogli comuni, e non vi si è notato verun inconveniente, anche con velocità di 80 chilometri per ora.

Se questa sperienza non è sfavorevole al sistema articolato, non prova però nemmeno che v' abbia vantaggio nel sostituire il materiale mobile al materiale rigido esistente. In qualunque caso, i tentativi fatti per giungere ad una circolazione mista sarebbero senza oggetto; poichè è inutile cercar d' adoperare il materiale articolato sulle grandi curve; d'altra parte, il materiale rigido non può esser usato sulle strade il cui tracciato sia stabilito per ricevere il materiale articolato. Inoltre, la questione non sarebbe ancora risolta che per metà, atteso che le locomotive articolate del sistema attuale non permettono l' accoppiamento col mezzo di bielle; sulla strada-ferrata di Sceaux non venne posto in opera che un solo paio di ruote motrici. Questa mancanza di aderenza delle locomotive, che è un ostacolo sulle strade di grande traffico, non lo è sulla linea di Sceaux, sulla quale il movimento dei viaggiatori è ristrettissimo, e quello delle merci quasi nullo; quindi le salite di 0m,011 per metro possuno essere superate senza esser costretti a dare alla macchina un peso eccessivo. Il solo vantaggio ottenuto fino al presente, messi da parte quelli della facilità del tracciato, si riassume in una economia delle spese di manutenzione dei cerchioni delle ruote, la quale può essere bilanciata da un aumento di spese pei pezzi mobili.

Rimane dunque di adattare il materiale articolato alle strade di grande traffico e percorse a grande velocità. Arnoux giunge a questo scopo, in quanto ai carri, adottando alcune modificazioni che consistono nel trasportare sopra le molle il sistema destinato a formare il legame e la convergenza del carro.

In secondo luogo, per applicare il principio dell' articolazione alle locomotive, dando ad esse la flessibilità ed aderenza necessarie, venne immaginato di rendere le ruote e le sale motrici da un lato della macchina indipendenti dalle ruote del lato opposto; perciò cadauna ruota, e non più cadaun paio di ruote, ha la sua sala indipendente, benchè fissa colla ruota. Le sale motrici d' uno stesso lato sono accoppiate e messe in moto da due cilindri, l' uno interno, l' altro esterno, che agiscono sopra manivelle ad angolo retto per ciascuna ruota motrice. Quest'ultima disposizione è stata presa per evitare la coesistenza di due punti morti, che renderebbero il distaccamento de' carri impossibile senza soccorso esterno.

Dietro questi dati, l' abile costruttore I. I. Meyer è stato incaricato dalla compagnia d' Orsay, di studiare e di eseguire un modello di locomotiva.

Questa macchina è a cilindri ed a telai esterni ed interni; è ad otto ruote, delle quali le quattro intermedie sono aderenti senza molle a spirale conica e cilindriche, e le quattro esterne direttrici, vale a dire folli sulle proprie sale fisse, convergenti col mezzo di morelle direttrici. — Per utilizzare la maggior parte del peso nell'aderenza, vennero por scelte le bielle rigide come il solo mezzo pratico di accoppiare le ruote. Lo scopo che si ebbe in mira fu quello di evitare gli sforzi che turbano il tragitto e la perdita notevole di aderenza e di potenza effettiva; perdita che è, in tutte le macchine comuni, conseguenza della fissazione delle due ruote sopra una stessa sala.

Eccoci ora in presenza di due sistemi di locomotive per rimorchiare carri

pesanti sulle grandi pendenze e sulle piccole curve; il sistema austriaco a catene ossia a forgone dipendente; il sistema articolato o sistema francese.

La teoria ha esaminato tali questioni sotto tutti i loro aspetti; più non resta donque che riferirsi alla pratica. La strada-ferrata di Sceaux è stata ora prolungata fino ad Orsay; avendosi in vista una applicazione in grande del sistema Arnoux, il Semmering fu ridotto accessibile alla circolazione; e concludenti sperienze non tarderanno ad essere istituite su queste due linee.

Da quanto si è detto risulta che, per conseguire una considerevole aderenza delle locomotive sulle rotaie, nelle grandi salite, i più ingegnosi costruttori stranieri mirarono ad approfittare di tutte le ruote delle locomotive medesime, e ad utilizzare eziandio anche l'aderenza delle ruote del forgone; ma tutti i loro tentativi non bastarono a sciogliere il quesito. Era riserbato alla perspicacia d' un italiano, all' egregio sig. Giovanni Minotto di Venezia, l' additare un mezzo altrettanto semplice quanto efficace per soperare le difficoltà; e ciò fece egli coll' applicazione delle *ruote a cuneo* alle locomotive, di cui parlammo altre volte in questo medesimo Supplemento, ed i cui principii teorici trovansi ampiamente sviluppati nell' interessante sua opera: *Sui vantaggi del Cuneo per accrescere l' aderenza*, ecc., pubblicata a Torino nel 1852, e dalla quale ci permettiamo di togliere e trascrivere alla lettera alcune parti.

Sotto alla voce RUOTA A CUNEO abbiamo già dimostrato come munendo d'una gola conica la periferia d' una ruota e facendola agire sopra un'altra ruota od un'asta munita d'un cordone di forma conica corrispondente (fig. 4, Tavola CXLVI delle *Arti meccaniche)* viensi a conseguire un' aderenza considerevolissima ed aumentabile senza incremento di pressione, solo facendo più acuto l' angolo della gola e del cordone a cuneo. Questo principio applicato prima dal Masserano al suo Carro-freno, fu esteso dal signor Minotto all' asse motore della locomotiva, rendendo possibile una aderenza considerevole sulla rotaia a cuneo, ed un acceleramento o rallentamento del convoglio, conservando una stessa velocità agli stantuffi motori: lo che equivale nel secondo caso ad un aumento di forza.

«Esaminando (egli dice) il modo di dare al convoglio un corso assai celere, conservando agli stantuffi della macchina una velocità moderata, dappoichè con l'ingranaggio a cuneo si evitano gli obbietti della ineguaglianza dei denti e della fragilità loro, e quelli inerenti alle catene ed alle coreggie, egli è chiaro che basta perciò farne l' applicazione al caso speciale di cui si tratta, e porre sull' asse delle ruote motrici una piccola ruota la quale sia condotta da una più grande, portata da un altro asse che riceva il moto dagli stantuffi. Vedesi questa disposizione semplicissima rappresentata nella Fig. 3, Tav. CXLV delle *Arti mecc.*, nella quale E è l' asse delle ruote motrici B della locomotiva, nel mezzo del quale havvi la ruota a cuneo A, contro la quale viene premuta la ruota a gola dello stesso angolo C, mediante le staffe *a a*. Due sostegni *b b* saldamente assicurati alla intelaiatura della locomotiva guidano i guancialetti dell'asse della ruota C. Alle cime di questo asse vedonsi i manubrii *c c* ad angolo retto fra loro, cui vengono ad attaccarsi le aste degli stantuffi che danno il moto alla locomotiva tanto più accelerato quanto più il diametro della ruota C è maggiore di quello di A. È quasi inutile osservare

che si avranno a porre sull' asse della ruota C gli eccentrici che regolano l' introduzione del vapore nei cilindri e la uscita di esso.

» Un grande vantaggio di questa disposizione è la facilità con cui può adattarsi alle locomotive attuali già costrnite, avendovi quasi sempre dall' asse delle ruote motrici alla sovrapposta caldaia, una distanza più che sufficiente al raggio della ruota A, il quale non è maggiore di 20 a 25 centimetri. Ne daremo ad esempio l' adattamento ad una locomotiva ordinaria, destinata al trasporto dei viaggiatori.

» Nella fig. 4, che rappresenta la sezione longitudinale di questa locomotiva, vedesi come siensi adattati nell' interno del telaio *(chassis)* di essa dne sostegni *a* discendenti, i quali portano le bronzine dell' asse *b*, mosso dagli stantuffi mediante due manubrii *c* ad angolo retto posti alle cime dell' asse medesimo; in *d* veggonsi gli eccentrici adattati sull' asse *a* che muovono i distributori del vapore o valvule a sdrucciolo.

» Scorgesi come siensi dovuti porre più bassi i cilindri, che occnpavano dapprima il posto segnatovi con lineette a piccoli tratti.

» È ben chiaro del resto che la ruota a gola invece che al disotto di quella a cuneo nello stesso piano verticale, può disporsi di fianco, sicchè la staffa risulti inclinata od anche orizzontale, in quelle locomotive ove ci fosse lo spazio occorrente, od in quelle nuove che si costruissero dietro questo principio.

» Enumerate le ragioni per le quali gioverebbe che, senza togliere alla locomotiva e ai convogli la rapidità del corso che ne forma uno dei pregii più importanti, si potesse rallentare il moto della macchina a vapore;

» Notati i fatti che comprovano la utilità che ne verrebbe da questa modificazione;

» Veduto come siasi in ogni tempo riconoscinta la importanza di essa, e lamentata la mancanza di mezzi per metterla in pratica;

» Mostrato con quanta semplicità di congegno ciò possa farsi, anche adattandovi le locomotive già costruite attualmente;

» Ne pare indubbiamente provato il grande interesse di questa applicazione del nuovo trovato.

» Rimane però ad esaminare se, per avventura, anche con questo spediente si presentino nella esecuzione ostacoli tali, che ne tolgano o scemino di molto i vantaggi. Per quanto ci siamo studiati di considerare sotto ogni aspetto la cosa, tenendo conto anche dei dubbii che da alcune persone pratiche ci vennero opposti, cinque sole circostanze troviamo doversi considerare, cioè:

» 1.° Quale sia la pressione da farsi fra le due ruote per ottenere la necessaria aderenza;

» 2.° Quale la resistenza d' attrito che ne consegue da vincersi;

» 3.° Quanto sollecito il logoramento delle rnote;

» 4.° Se l'azione del vapore sugli stantuffi delle macchine attuali possa bastare all' effetto;

» 5.° Se diminuendo il numero delle scariche dei cilindri nel cammino vengasi a scemare la corrente, e quindi la quantità di vapore prodotta in un dato tempo dalla caldaia.

» Fermiamoci alquanto sopra cadauno di questi punti:

» 1.° I convogli dei passeggeri, che sono quelli pei quali richiedesi la maggiore velocità, non oltrepassano per lo più il peso di 60 a 70 tonnellate, compreso il materiale delle vetture, la locomotiva ed il tender. Supporremo tuttavia che il

peso massimo da trascinarsi sia di 100 tonnellate, cioè di 100 mila chilogrammi: calcolando la resistenza opposta da questo convoglio nella misura di $\frac{1}{200}$, cioè 0,005, avremo alla circonferenza delle ruote motrici la resistenza di 100,000 $\times$ 0,005 $=$ 500 chilogrammi. Supponendo di $1^m,6$ il diametro di queste ruote, di $0^m,25$ il diametro di quella piccola a cuneo sull' asse di esse, e di $0^m,5$ quello della ruota a gola; supponendo l' angolo del cuneo di 5^o, e le due ruote una di acciaio, l' altra di ghisa; applicando la formula $P = R\, rr'$, avremo:

$$R = \frac{500 \times 160}{25} = 3200$$

$$r = \frac{1}{0,202} = 4,95$$

$$r' = \frac{52,5}{998,6} = 0,0526,$$

e quindi:

$$P = 3200 \times 4,95 \times 0,0526 = 783,18.$$

» Pressione, come si vede, che può assai facilmente ottenersi.

» Se invece supporremo l' angolo del cuneo di 10^o, avremo allora:

$$r' = \frac{87}{996,2} = 0,0873,$$

e la pressione diverrebbe:

$$3200 \times 4,95 \times 0,0872 = 1380 \text{ chil.},$$

pressione pure che non è certo tale da sgomentare nelle locomotive, nelle quali vediamo gli assi delle ruote motrici sottostare continuamente ad una pressione di 10 a 12 mila chilogrammi.

» Se poi le ruote si facessero invece entrambe di ghisa, o con disposizione ben facile ad imaginarsi, tenendole bagnate d' acqua, allora per la tabella A troviamo che r diverrebbe:

$$= \frac{1}{0,314} = 3,185;$$

quindi si avrebbe col cuneo ad angolo di 5^o:

$$P' = 3200 \times 3,185 \times 0,0526 = 542 \text{ chil.},$$

e col cuneo ad angolo di 10^o:

$$P = 3200 \times 3,185 \times 0,0873 = 898,$$

cioè molto minori che nel caso precedente. Facendo pure queste pressioni alquanto maggiori per essere certi che le ruote non iscivolino ad ogni menoma scossa, avrebbesi sempre un effetto facile a prodursi con le due viti che stringono gli assi insieme.

» 2.° Dal dato della pressione, facile è dedurre quello dell' attrito, poichè abbiamo veduto alla voce ROTE a CUNEO, essere desso in totale, cioè compreso quello degli assi, a termine medio, 0,06 del carico, cioè della pressione, così riducesi per la massima delle pressioni suddette a 1380 $\times$ 0,06 $=$ 82,80, cioè $\frac{82,80}{3200} = 0,026$ soltanto della resistenza totale.

» Applicando a questa combinazione i calcoli relativi alle ruote dentate, si vede evidentemente e l'attrito molto maggiore

che darebbero, e la impossibilità quasi di farle della solidità necessaria.

» Secondo la formula data alla voce **Rota a cuneo**, essendo in tal caso $R = 800$, $f = 0{,}202$, e supponendo $m = 10$ e $m = 20$, si avrebbe $3200 \times 0{,}202 \times 3{,}14 \times \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{20}\right) = 304^{chil},4$.

» Lasciando anche di parlare delle scosse, le quali si sa quanto superino le resistenze ordinarie, sarà facile mostrare la impossibilità di dare ai denti la necessaria solidità, a meno di farli di straordinaria larghezza, riuscendo allora difficilissimo dar loro la forma dovuta, e venendone altri gravissimi inconvenienti per conseguenza. In vero, per uno sforzo di 3500 chilogrammi, Tredgold stabilisce necessarie pei denti la lunghezza e la grossezza di $0^m,06$, e la larghezza di $0^m,26$. Ora per 10 denti e spazii relativi occorrono met. $0{,}06 \times 20 = 1^m 20$, e invece la circonferenza della ruota del diametro di $0^m,25$ non è che di $0^m,785$. Si vede da questo esempio a quale smisurata larghezza converrebbe portare i denti per dar loro la solidità voluta, e come sarebbe impossibile avere in tal modo un neppure discreto ingranaggio.

» 3.° Per ciò che riguarda il logorio, ci rimettiamo a quanto dicemmo al sopraccitato articolo, facendo inoltre osservare che siccome è naturalmente proporzionale all' attrito, così la tenuità dell' uno è guarentigia della piccolezza dell' altro. E di più a ricordare in proposito che tenendo queste ruote, a ridursi ai circoli primitivi, basta riavvicinarle con la vite senza altra cura, mentre si perfezionano anzichè guastarsi con l' uso. Allora solo quando l' orlo esterno della ruota a cuneo giunga a toccare il fondo della gola, al che abbiamo già veduto occorrere parecchi mesi di lavoro continuo, converrà porre l' una o l' altra sul tornio, e, senza toccarne le facce, diminuire il diametro esterno di quella a cuneo, od affondare il cavo della gola dell' altra: operazione che in poche ore si compie. Vedemmo inoltre alcuni facili mezzi di fare le ruote in maniera da poterne rendere la durata quanto si voglia maggiore.

» 4.° Una quistione apparentemente un poco più complicata quella è di vedere se il vapore basterà all' officio che dee prestare sugli stantuffi. Realmente, se volessimo farci a considerare e la tensione che prenderà nei cilindri relativamente a quella che ha nella caldaia, alla grandezza delle luci dei fori che gli danno l' accesso, alla contro-pressione, ec., ec., entreremmo in ardua dimostrazione, che riuscirebbe più lunga e difficile a seguirsi che nol consenta l' indole di questo scritto, nel quale si è dichiarato voler considerare la cosa praticamente. Inoltre, per quanta cura si ponesse nel tener conto di tutte le circostanze, impossibile quasi sarebbe non ne sfuggissero alcune; finalmente, nè la teorica dell' espansione dei fluidi elastici e dell' efflusso di essi, nè quella della radiazione del calorico e degli effetti che ne conseguono, sono avanzate così che si possa con sicurezza fissare i fenomeni che accadrauno. Fortunatamente non abbiamo a procedere a indagini così incerte e difficili, e i dati delle esperienze che già vennero fatte sono più che sufficienti a pienamente tranquillizzarci su questo punto.

» E prima, guardando la cosa sotto l'aspetto generale, a considerarsi, che quando si voglia che ad ogni doppia corsa degli stantuffi le ruote dieno un numero maggiore di giri di quello che danno attualmente, senza che per questo la locomotiva aumenti di velocità, se da un lato il vapore dovrà dare maggiore forza, ne

occorrerà una quantità minore in uguale proporzione, sicchè il consumo non dovrebbe variare se le circostanze rimanessero le stesse. Solo potrebbe opporsi che occorresse una tale tensione da superare quella che può aversi nella caldaia; ma questo obbietto non sussiste, eccetto che nel caso in cui si volesse stabilire differenza molto notevole fra le velocità degli stantuffi e delle ruote motrici. Limitandosi però a ridurre a metà il numero delle corse degli stantoffi conservando pari velocità, ben lungi dall' aversi mancanza di forza, se ne ha un eccesso, poichè, secondo gli sper menti ed osservazioni di Pamboor, quella macchina a vapore che con la velocità di 48 chilometri all' ora dà 1 di effetto dinamico, con una di 25 chilometri ne dà 1,653, e secondo tutte le altre sperienze citate in addietro la resistenza cresce sempre in proporzione molto minore della velocità: cosicchè, rimanendo uguale la velocità della locomotiva, cioè non aumentandosi in nulla l' effetto ottenuto, si ha pieno fondamento di ritenere che anzichè scarsezza di forza se ne avrà eccesso, per le migliori condizioni nelle quali agirà il vapore.

» 5.° Non è a temersi neppure che la minore rapidità con cui si succederanno le scariche del vapore nel cammino vengano a scemare la forza della corrente e con ciò la quantità del vapore prodotto in un dato tempo dalla caldaia. Infatti abbiamo detto più addietro come col moto più lento degli stantoffi vengasi ad avere nei cilindri una tensione più forte e che si avvicinerà maggiormente a quella che esiste nella caldaia; in conseguenza di ciò, se le scariche del vapore si succederanno più rare, si faranno altresì con più forza, e da ultimo la quantità del vapore stesso, scaricato in un dato tempo, ove per economia non si trovasse utile scemarne la produzione, sarà sempre la totalità di quello che dà la caldaia, cioè esattamente la stessa. Anche per questo lato havvi quindi ogni fondamento di ritenere che la vivacità della combustione e la rapidità della vaporizzazione non ne avranno scapito alcuno, ed il fatto delle locomotive per le merci che camminano più lentamente e tirano un peso maggiore senza mancare perciò di vapore, conferma praticamente la giustezza del fatto ragionamento.

» Ne sembra per questa ragione non esservi obbietti che possano opporsi alla esecuzione del progetto, e dal lato della esecuzione non troviamo neppure alcun valido ostacolo che vi si opponga, massime quando adottisi anche in tal caso il sistema di ruote multiple.

» Quanto alle dimensioni, supponendo di 1^m, 6 il diametro delle ruote motrici di una locomotiva, che è una delle minori dimensioni che loro sogliansi dare, si vede potersi fare la ruota a cuneo sull' asse del diametro di 0^m,25, e quella a gola, cui sono adattati gli stantuffi, del diametro di 0^m,50, restando tuttavia la parte inferiore di questa ruota distante dal suolo 0^m,175, altezza più che sufficiente ad evitare gli ostacoli che possono incontrarsi fra le rotaie di qualsiasi strada-ferrata.

» Avviene bene spesso allorchè le locomotive devono fare grande forza per tirare ingenti pesi od altro, che manca la potenza ed il punto di appoggio che a ciò sarebbero necessarii. Là dove però maggiormente si fa palese il bisogno di potenza e aderenza maggiori dell' ordinario è nelle salite.

» Sapendosi, per le leggi del piano inclinato, che la parte del peso sorretta da esso è tanto minore quanto più è granda l' angolo che fa con l'orizzontale, cioè sta al peso totale come la lunghezza

del piano all'altezza, ne segue che il resto del peso tende a far discendere il corpo lungo il piano, e che la forza che si deve fare per obbligarlo invece a salire esser deve superiore a questo resto di peso. Ora, siccome è noto essere di $\frac{1}{200}$, cioè 0,005, di un dato peso la forza che occorre per tirarlo sopra una strada ferrata orizzontale, ne segue che sopra un piano inclinato, la cui altezza stia alla base come 0,005 ad 1, cioè sopra una strada che vada salendo di 5 millimetri al metro, la forza da esercitarsi diviene doppia, e doppia resistenza occorre per conseguenza nel punto d'appoggio. La resistenza da vincersi diviene quindi tripla a 0,01, quadrupla 0,015, quintupla a 0,20, ecc., ecc. Di qui ne viene la grande importanza di fare le strade ferrate quanto più si può orizzontali, poichè, atteso appunto i grandi pesi che in esse trascinansi con poca forza, il menomo pendìo inceppa il movimento ed esige forza molto maggiore, ed è questa la differenza che passa fra esse e le strade ordinarie, ove la proporzione fra i pesi tirati e la forza essendo molto minore, le pendenze danno differenze meno sensibili. Può calcolarsi, a termine medio, occorrere sopra una strada mediocre 1 di forza per tirare un peso di 34, cioè di 0,03 circa del peso stesso. Quindi è che la forza da farsi diverrà doppia allora soltanto quando sia di 0,03 il rapporto fra l'altezza e la lunghezza del piano, alla quale inclinazione sulla strada ferrata invece la forza dovrebbe esser settupla, come vedemmo. Per quanto tuttavia sia di sommo interesse per la economia e pel buon servigio delle strade ferrate di tenerle quanto più si può orizzontali, pure ciò non sempre può farsi, ed interessava quindi moltissimo trovar modo di far sì che nei casi in cui sono inevitabili le pendenze, si potessero superare con la maggiore facilità e col minore sacrifizio. I mezzi necessarii a tal fine sono macchine di molta potenza e valido punto d'appoggio sulle rotaie. Considereremo le difficoltà di avere queste due condizioni, i mezzi adoperati o propostisi per superarle, e quelli che crediamo tali da riuscire all'intento nel miglior modo possibile.

Maniera di procurarsi la necessaria potenza.

» Al bisogno di una forza maggiore nelle salite, si può provvedere in due modi, procurandosi aumento di forza, oppure scemando la resistenza, lo che viene a produrre il medesimo risultamento.

» Il mezzo più semplice di crescere la forza consiste evidentemente nel dare alle macchine dimensioni maggiori, così che abbiano e più abbondante produzione di vapore, ed una maggiore energia. A questo mezzo in fatti ricorresi, e siccome esempio di grandi sforzi a questo scopo diretti possono addursi le recenti esperienze sul Semmering, ove, essendo condizione del programma che si avesse a vincere la salita con una macchina sola, diedersi a quelle che si presentarono al concorso dimensioni veramente colossali.

» La macchina Neustodt, caricata d'acqua e combustibile, pesava 61 tonnellate; la Seraing, senza il tender, 56 tonnellate; la Vindobona, senza il tender, 47 tonnellate; la Bavaria, col tender 68 tonnellate (1). Se si rifletta che la pendenza era soltanto di 0,025 e che il peso da tirarsi non era più che 140 tonnellate con la velocità di chilometri 11,38, effetti posti a condizione dal programma, e che di poco vennero superati da varie di queste

(1) Ghega, *Memoria sugli esperimenti fattisi con le locomotive sul Semmering*, e *Technologiste*, T. XIII, pag. 278.

macchine, si vedrà che la locomotiva formava una grande proporzione del carico totale, cioè la Neustadt 0,50; la Seraing, senza il tender, 0,286; la Vindobona, pure senza il tender, 0,25; la Bavaria 0,328. Se aggiungasi il peso dei carri o vaggoni, ben si vede quanto piccola parte di carico utile restasse, e quanto poco effetto si avrebbe su pendenze di 0,035 a 0,04.

« Questi risultamenti si troveranno ben naturali ove riflettasi che, rimanendo sempre lo stesso il peso della locomotiva, e quello del convoglio che essa può trascinare diminuendo quanto più cresce la pendenza, è chiaro che la proporzione del peso utile deve scemare ancor essa. Così una locomotiva del peso di 20 tonnellate che sopra una strada orizzontale ne tragga 300, non impiega che $\frac{1}{15}$ della sua forza per trascinare sè stessa; invece, se vi è la salita di 0,035, il peso che può trascinare conservando la stessa velocità, è ridotto a 37,5; sicchè la macchina deve impiegare $\frac{20}{37,5}$, cioè 0,532, della sua forza per trascinare sè stessa.

» Sebbene sia certo che col crescere della potenza di una macchina se ne debba aumentare anche il peso, e per le maggiori dimensioni d'alcune parti di essa, e per la più grande solidità che si esige nelle pareti della caldaia, e nei congegni che trasmettono il moto, e pel maggior carico d'acqua e di carbone che deve portar seco, tuttavia è certo non essere strettamente necessario di spingerne il peso a tal punto; e con artifiziose disposizioni si potrebbe di molto giovare la leggerezza senza danno della solidità. Ma il bisogno dell'aderenza fa che a bella posta si rendano pesanti le dette macchine, ed anzi, come vedemmo, vi si aggiungano carichi opportuni a tal fine.

» Queste macchine però così potenti e pesanti hanno in sè molti difetti, oltre a quello principale sopra notato di scemare la proporzione del carico utile. Indipendentemente ancora dal grande costo di esse, esigono nelle rotaie e nella strada ferrata una solidità straordinaria per resistere a carichi così forti, e tanto più che cercasi spesso, per quanto si può, di concentrarli sulle due o quattro ruote che vogliousi fare aderire. Il loro peso e la stessa loro grande forza ne limitano l'uso ai soli tratti ove sonovi pendenze, dove conviene cangiare di macchina, e quella più possente deve mantenersi sempre pronta, per agire poche ore del giorno, e farsi discendere solo dopo rimorchiato il convoglio; dal che consumo inutile di combustibile, spese d'amministrazione a di personale superflue, inutili fermate ed altri inconvenienti parecchi.

» Gli altri difetti sovraccennati delle macchine molto potenti si evitano facendo uso di due, tre o più macchine locomotive ordinarie invece che di una sola: metodo che si pratica e per tirare grandi carichi sulle vie orizzontali, e per vincere alcune salite. Di più, in questo ultimo caso si adoperano talora macchine grandi a potenti che aggiungonsi alle locomotive ordinarie, per ciò non occorre caricare le rotaie di un peso sì grande; ma il peso da trascinarsi a pura perdita è ancora maggiore, essendo ben evidente che, a forza cumolativa uguale, due o tre macchine devono pesare più d'una. Ne citeremo una prova.

» Sul piano inclinato di Dosino, nella strada fra Torino e Genova, il peso della locomotiva ordinaria è di 22 tonnellate, e quello dell'altra che si aggiunge di 31,5 tonnellate, il carico trascinato da esse di 80, e vi sono di più due carri-freni che servono poi alla discesa e pesano insieme 15 tonnellate. La pendenza è di 0,01 per metri 3,600 e di 0,026 per altri 2600 metri.

» Il peso totale è quindi 148, tonnel. 50, quello della locomotive e dei carri-freni è 68,50, cioè 0,40 del carico totale.

» Se la pendenza fosse di 0,035, come, per esempio, sarà ai Giovi sulla medesima strada, il peso utile trascinato non sarebbe più che di 62 tonnellate, e, dibattendo i carri-freni di 47, sicchè il peso di questi e della locomotive formerebbe i 0,60 del carico totale. Dove si noti che nel carico utile suddetto entra il peso del materiale delle vetture, si vedrà quanto le pendenze sono un po' forti.

» È da aggiungersi a ciò che le due locomotive unite non possono mai camminare così perfettamente d'accordo che una non vada più celere dell'altra, col che una parte della forza è impiegata a vincere questa differenza; donde ne viene che due macchine unite non danno mai la somma delle loro forze, ma sempre alquanto di meno, e quindi nuova causa di danno.

» Per avere la forza necessaria a far montare sulle pendenze i convogli ed evitare i suaccennati difetti delle locomotive molto potenti o appaiate, si ricorsa all'aiuto di macchine stabili, potendosi in tal caso aver senza inconvenienti qualunque potenza desiderasi, e quindi tirare qualsiasi peso, su ogni pendenza e con la velocità voluta. È su questo principio che si fondano i così detti *Piani inclinati*, ove una macchina stabile a vapore, posta per lo più alla sommità, tira il convoglio attaccato ad una lunga fune sostenuta da pulegge lungo la via. A primo aspetto, sembra questo mezzo superiore d'assai alle locomotive, e per potersi vantaggiare della condensazione, e pel maggior effetto utile che dà in esse una quantità data di combustibile, e per potersi usare questo di ogni qualità anche inferiore, e pel pieno arbitrio in cui si è di tirare quel peso che si vuole a quanto occorre veloce. Tanta stimarono alcuni la superiorità delle macchine fisse in confronto alle mobili, che non esitarono a proporne l'uso anche sulle vie orizzontali. Lungi però dall'essersi confermata questa loro opinione, i piani inclinati caddero in discredito sempre più, a tal che in molti luoghi ove erano stabiliti si abbandonarono, e solo conservansi là dove grandi pendenze difficilmente avrebbero permesso altrimenti, ed ivi pure consideransi come un male necessario. I discapiti dei piani inclinati sono in vero parecchi, e basterà qui enumerarli. Se si vogliono sollevare grandi carichi anche con discreta velocità, occorrono macchine molto possenti, le quali lavorano solo per poche ore e devono tenersi pronte sempre, esigendo ugual servigio di personale e di manutenzione come se dovessero agire tutta la giornata, e notevole copia di combustibile, oltre ad ingente spesa pel loro acquisto e stabilimento. Se per fare le macchine di minor grandezza e per dare loro più lungo lavoro suddividesi il carico in molti viaggi successivi, ne vengono grandi imbarazzi e ritardi all'andamento delle locomotive sul resto della linea, ed al servizio generale dei trasporti. Aggiungasi a ciò che per le corde e loro pulegge si producono grandissimi attriti, dai quali gran parte dello sforzo inutilmente vien consumato. Spesa notevole è pure l'acquisto della corda ed il frequente cangiamento di essa, non disgiunto da qualche pericolo, poichè dalla sodezza di questa fune dipende la sicurezza d'interi convogli. Se poi il piano inclinato ha linee curve a percorrere, crescono di molto gli attriti, e più ancora il pericolo che uscendo la corda dalle pulegge cagioni disastri.

» Il signor ingegnere cav. Maus medesimo, nell'elaborato progetto pel piano inclinato a macchina fissa che proponeva

pei Giovi, ne faceva ammontare a lire 1,300,000 la spesa di stabilimento, a lire 263,755 le annue spese di esercizio e manutenzione, ed a 0,38 della resistenza totale quella puramente passiva (1). L' ingegnere del piano inclinato di Liegi, tuttochè favorevolissimo ad esso stimandolo il miglior mezzo di superare le locali difficoltà, confessava dalle spese di quello esser assorbiti tutti gli utili della strada. L' ingegnere Ghega, nella memoria in cui descrive gli sperimenti fattisi con le locomotive sul Semmering, dice che dopo i piani inclinati funicolari di Catalogna e di Liegi non se ne fecero altri, ma anzi se ne sospesero molti sostituendovi le locomotive. Cita ad esempii quello in Pensilvania sulla strada da Filadelfia a Columbia, ove la riduzione a locomotive costò 120,000 talleri; quelli di Alleghany, con la pendenza di 0,033; di Albany con pendenza di 0,050; di Schenectedy con pendenza di 0,040, tutti serviti ora da locomotive; quelli sulle strade da Londra a Birmingham con inclinazione da 0,013 a 0,0166; da Manchester a Leed, che ha la pendenza di 0,020; sulla strada-ferrata scozzese, ove vi sono tunnel, ed una locomotiva di Norris tira convogli di 90 tonnellate sopra una pendenza di 0,0225. Cita poi lo stesso Ghega una macchina stabile da Londra a Blakwall, la quale dovendo servire a concorso grandissimo era in attività tutto il giorno, condizione la più favorevole possibile a quel sistema, e che tuttavia, dopo nove anni di servizio, venne abbandonata nel 1849, tramutandosi in locomotive a otto piani che avevano macchine stabili, ed adoperandosi macchine semoventi su due altri piani cui si aveva intenzione di adattarne di stabili. Secondo il Ghega, la economia delle macchine locomotive in confronto alle stabili a fuil sta come 1 a 2 od a 4, e, secondo alcuni, anche a 12.

» Teisseren, facendo il confronto con la pendenza del *Lickney inclined*, ove agiscono locomotive, trovò che la spesa di essa sta a quella di altri piani inclinati a macchine stabili: pel piano inclinato di Glasgovia, come 1 a 5;

da Londra a Birmingham, come 1 a 4;

di Blakwall, come 1 a 2;

di Liegi, come 1 a 7;

» La miglior prova nulladimeno degli svantaggi che hanno i piani inclinati e macchine stabili in confronto alle locomotive, pei ritardi ed imbarazzi che cagionano nel servizio, è il poco o niun uso che si fa di essi anche quando può aversi senza spesa la forza necessaria per darvi il moto, sia approfittando di una caduta o di un corso d'acqua che muova invece del vapore la macchina stabile, sia adoperando dell' acqua stagnante per caricare alcuni carri, i quali scendendo coadiuvino i convogli discendenti a tirarne in alto altri più pesanti attaccativi con una corda passata sopra una grande puleggia. Anche in questi casi, si trovò tante essere le spese per la costruzione e manutenzione delle macchine, ma più di tutto pel personale occorrente, e tanti i ritardi e gl' inceppamenti che ne venivano, da non essere conveniente di adottare i suindicati mezzi, che tuttavia sembrerebbero l' apice della economia e della perfezione.

» Le strade atmosferiche avevano sopra gli anzidetti mezzi il vantaggio che istituendosi lungo tutta la strada un solo sistema, non si avrebbero avuti gli inconvenienti, per cangiamenti di macchine, interruzioni e imbarazzi che ne susseguono; ma le difficoltà della costruzione di esse,

(1) Rapport à l' appui du projet des machines fixes destinées au service des deux plans inclinés établis entre Pontedécimo et Busalla, par M.r le Chevalier Henri Mauss, inspecteur honoraire du Génie civil. Pagine 24, 29, 42, 44.

i mezzi imperfetti di chiosura della valvula che si adoperarono, ed altre cause esigevano tale esorbitanza di forza che le fece abbandonare dovunque.

» Oggidì adunque il mezzo migliore che si conosca per procurarsi l'aumento di forza necessario a salire le pendenze, è l' uso delle locomotive, continuando i convogli il loro cammino, e prendendone una di rinforzo ove occorre. Queste locomotive devono però essere tanto più potenti quanto maggiori sono la pendenza ed il peso del convoglio da trascinare, e sfortunatamente devono anche essere molto più pesanti, per trovare la necessaria aderenza.

» Un altro valido mezzo per dare alle locomotive la forza di trascinare pesi maggiori o di montare le salite, consiste nel fare di minor diametro le ruote motrici, rallentandosi con ciò la velocità e scemando la differenza tra quella del convoglio e quella degli stantuffi. In vero, nelle locomotive per le merci si fanno sempre le ruote minori, dando loro da 1^{m}20 a 1^{m}40 di diametro, mentre quelle dei viaggiatori variano da 1^m,6 a 1^m,8. Non si spinge però molto avanti questa diminuzione del diametro delle ruote, perchè, siccome quanto più sono piccole tanto maggiore è la resistenza che devono trovare nel punto d'appoggio, così più facilmente scivolano per mancanza della aderenza. Inoltre, questa misura, che è ottima per le macchine destinate al trasporto delle merci, non sarebbe applicabile a quelle pei viaggiatori che dovendo correre molto velocemente sulla via orizzontale, non potrebbero farlo con piccole ruote, se non dando agli stantuffi una velocità eccessiva più ancora di quella che hanno attualmente, sicchè converrebbe adoperare le locomotive a piccole ruote solo nelle salite, vedendone gli incomodi, danni e ritardi inerenti al cangiamento di macchine in addietro notati. Lo spediente migliore sarebbe disporre in guisa le cose che al giungere di una salita, le ruote motrici delle locomotive mutassero diametro, e ciò potrebbe agevolmente ottenersi disponendo sullo stesso asse delle grandi ruote due ruote piccole, e presentando loro rotaie sollevate dal suolo sulle quali venissero a posare, libere rimanendo le grandi; ma l'obbietto della mancanza di aderenza renderebbe inefficace questa disposizione. Lo stesso avverrebbe pure quand'anche si potesse praticamente applicare alcuno di quei mezzi per avere locomotive a velocità variabile, che furono proposti da Hancok, da Jouffroy, da Reynard, da Seguier e da Gompertz. Siccome però abbiamo veduto che quei metodi erano inservibili e vennero soltanto attivati mercè dell' ingranaggio a cuneo, ne segue potersi ora con esso variare a volontà il diametro e la velocità delle ruote motrici, là soltanto dove occorre, e con ciò potersi rendere le locomotive, qualunque ne sia la forza, atte a continuare il loro cammino, anche nelle salite, purchè rallentino ivi proporzionatamente il loro corso; e siccome anche l' aderenza delle ruote alle rotaie, come abbiamo già detto, e vedremo meglio in appresso, può accrescersi senza aumentare il peso della locomotiva stessa, così sembraci avere la combinazione delle ruote a cuneo sciolto il difficile problema della salita delle pendenze sulle strade-ferrate.

» Fermandoci a considerare solo quanto si riferisce alla maniera di rendere la potenza della locomotiva atta a vincere la maggior resistenza che ad essa oppone il convoglio allorchè deve salire un piano inclinato, diremo che avevamo a principio pensato a prolungare semplicemente l'asse delle ruote motrici adattandovi alle cime

due ruote a cuneo di un diametro molto minore, le quali montassero su due rotaie alquanto elevate paralelle a quelle ordinarie. Molte ragioni per altro c' indussero ad abbandonare questa disposizione, semplicissima del resto, come la impossibilità di girare nelle curve un po' forti; la difficoltà di avere nelle rotaie il paralellismo perfetto che questa disposizione richiederebbe, e più ancora la difficoltà di conservarlo; l' ingombro che in molti casi darebbe l' allargamento della via; l' altezza un po' forte cui si dovrebbero porra le rotaie di aggiunta nel caso che le ruote piccole si volessero fare molto minori di quelle motrici della locomotiva. Qnesto ultimo obbietto medesimo opponevasi a ciò che si ponesse nna ruota piccola nel mezzo sull' asse stesso della locomotiva, ove la elevazione della rotaia di mezzo avrebbe recato impedimento agli assi delle piccole ruote della locomotiva e delle vetture del convoglio. Inoltre, questo collocamento della rnota a metà dell' asse di quelle motrici, rendeva il nuovo sistema inapplicabile alle locomotive già costruite, ove mancherebbe lo spazio, la caldaia non essendo che a poca distanza dall' asse. È da ritenersi perciò ottimo, a nostro avviso, il collocamento di una ruota sul mezzo dell' asse quando si tratti di una locomotiva da costruirsi appositamente e per leggere pendenze, sicchè possa darsi a quella ruota diametro poco diverso dalle altre motrici, e fare quindi l'apposita rotaia poco elevata dal suolo; ma doversi piuttosto negli altri casi ricorrere a spedienti diversi, giovandosi delle proprietà dell' ingranaggio a cuneo, e adottando disposizioni molto analoghe a quelle che abbiamo indicate per accelerare il moto trasmesso dagli stantuffi e delle quali demmo i disegni nelle fig. 3 e 4, Tav. CXLV; si vede però che in tal caso divengono inutili le staffe *a a* che legano, stringendoli un contro l' altro, l' asse E e quello della ruota C.

» La fig. 3, Tav. CXLVI, mostra una delle disposizioni da adottarsi per dare alle locomotive la forza di vincere le salite. Vedesi in essa nna ruota a gola A fissata sull' asse E delle ruote motrici B. Al di sotto di essa ruota ne pendono dne altre, una a cuneo D e l' altra a gola C, guidate dai sostegni *b b* fissati al corpo della locomotiva. I guancialetti di queste due ultime rnote hanno un po' di moto, sicchè pel loro peso stanno naturalmente staccate da A e non girano con quella, come se non ci fossero. Supposngasi però che al giungere di una salita e per tutta la lunghezza di qnella la strada-ferrata abbia una terza rotaia M nel mezzo, fra le altre due N N e più alta di esse dal suolo, come si vede nella figura 2, e che cominci con piano dolcemente inclinato O, avendo inoltre al principio due guide laterali *h h* che vi conducano sopra esattamente la ruota C della figura 1. È chiaro che questa ruota e quella C sovrapposta si alzeranno, spingeranno in su quella A e solleveranno le ruote B, sicchè non tocchino più le rotaie N N. Allora l' attrito di A obbligherà le ruote D e C a girare con essa, e ad ogni doppia corsa degli stantuffi la locomotiva, invece di avanzare di una circonferenza delle ruote B, avanzerà solo di una circonferenza della rnota A, sicchè il moto sarà molto più lento e lo sforzo che la macchina a vapore potrà vincere molto maggiore.

» Questa disposizione ha il grande vantaggio che la locomotiva continua da sè il suo cammino regolando a seconda dell' uopo la propria velocità. Ha però l'inconveniente che le ruote A D C riescono di assai piccolo diametro essendone limitata la grandezza dal dovere il sistema di

esse, cioè la summa del raggio della ruota A, e dei diametri di quelle D e C, misurati ai circoli primitivi, riuscire di altezza alquanto minore che il raggio delle ruote B B, il quale varia da $0^m,8$ a 1^m. Di più, col nuovo sistema d'ingranaggio, penetrandosi tanto più le ruote quanto minore n' è il raggio, cresce con la piccolezza di esse la proporzione della resistenza passiva di attrito al carico.

» La disposizione della fig. 3, Tavola CXLVI, è molto più semplice e quasi affatto simile a quella delle fig. 3 e 4, Tavola CXLV, e permette di fare più grandi le ruote, avendovene due sole, una a cuneo A sull'asse E ed una C a gola che pende al di sotto. L'effetto è lo stesso come nel caso precedente, se non che quando la ruota C viene condotta da A gira in senso opposto di essa, e quindi anche delle ruote B. In questi casi è d' uopo che il macchinista regoli opportunamente la distribuzione del vapore al principio ed al fine delle salite, poichè quella posizione dei distributori che tende a far avanzare la locomotiva, quando si fa la spinta sulle ruote B, tende al contrario a farla dare addietro quando vi è la terza rotaia, cioè quando la spinta si fa invece sulla ruota C. Il metodo da tenersi è però semplicissimo. Alcuni momenti prima di giungere alla terza rotaia il macchinista toglie affatto il vapore alla macchina e lascia progredire il convogliu per la forza viva che conserva; giunto sulla terza rotaia, inverte i distributori come se volesse far dare addietro la macchina, poi vi lascia entrare il vapore, che, girando in senso inverso di prima le ruote B e quindi anche quella C, fa camminare all' innanzi il convoglio. Parimenti pochi istanti prima di abbandonare la terza rotaia sospende del pari il vapore, lascia che il convoglio esca dalla terza rotaia con la forza viva acquistata, poi mette i distributori nel senso del moto all'innanzi, e apre di nuovo il passaggio al vapore. Le ruote B, allorchè s' incontra la terza rotaia, devono invertire il loro moto e seguire a girare in senso opposto di prima, senza toccare le rotaie; vi è quindi a vincere la forza viva ond'erano animate; ma questa è poca cosa in confronto a quella della massa di tutto il convoglio, tanto più che giova fare in guisa da arrivare con poca velocità sulla terza rotaia. Un ostacolo molto maggiore consiste nell' esservi un punto, per quanto breve si voglia, nel quale tanto le ruote B che quella C toccano le relative rotaie, e siccome le prime sono molto grandi e l' altra assai difficilmente scivola per la forma della sua circonferenza, così in quel punto produrrebbesi un urto molto violento per le ruote, che animate dalla stessa forza vorrebbero girare in senso opposto e incontrerebbero a ciò non poca resistenza. Vi si rimedia in gran parte facendo il pezzo inclinato con cui comincia la terza rotaia così largo che la ruota C vi poggi sopra con la circonferenza esterna invece che con le facce interne della sua gola, a quel modo che scorgesi nelle figure 3, ove si vede in O il pezzo di rotaia largo anzidetto al principio della terza rotaia M. In tal guisa, l'attrito opposto dalla ruota C essendo molto minore, essa può cedere facilmente e scivolare per un momento; nè la gola di essa entra in presa sulla rotaia M se non dopo che le ruote B furono già sollevate e tolte dal contatto delle rotaie N. Se del resto si volesse evitare anche questo piccolo ostacolo, si comprende come nulla sarebbe più facile che adattare di fianco nella strada-ferrata due piani inclinati, e sui pezzi *b* due piccole ruote indipendenti che salendo su questi piani sollevassero le ruote B prima che quella C poggiasse sulla rotaia M.

» Ad evitare tutto insieme, e l'obbietto della piccolezza delle ruote avvertita nelle disposizione della fig. 1, Tav. CXLVI, e l'invertimento da darsi al vapore ed alle grandi ruote motrici in quella delle figure 3, può giovare disporre alcune delle ruote, ed anche tutte lateralmente, invece che porle cogli essi uno sotto l'altro, come nelle figure sopraccitate. Così, per esempio, collocata la ruota a gola sull'esse delle ruote motrici, si può disporre un altro asse paralello che porti une ruota a cuneo, e sotto di questa porre quella a gola che cammini sulla terza rotaie. Si possono anche disporre gli assi delle tre ruote sopra una stessa linea, ma inclinate. È quasi inutile osservare che in tal caso le ruote devono essere legate con istaffe.

» Una considerazione poi non è da tacersi, benchè così ovvia che si sarà certo presentata a molti dei nostri lettori dalla sola ispezione e confronto delle nostre figure, ed è: potere la stessa disposizione delle fig. 3 e 4, T. CXLV, servire al doppio scopo ugualmente, cioè all'acceleramento del moto della locomotiva nelle parti orizzontali della strada, ove poca è la forza da farsi, ed al rallentamento nelle salite, ove occorre molta forza, realizzando così col fatto quello che dice il signor cavaliere Mauss nella sua Memoria già citata, che, cioè, « quando le « locomotive salgono forti pendenze, l'a- « zione nel vapore non sia più adoperata, « come all'ordinario, per produrre un « piccolo sforzo con grande velocità, ma « bensì per esercitare un grande sforzo « con piccola velocità. »

» Si vede invero, che se la locomotiva della fig. 4, Tav. CXLV, giunge in un punto dove siavi un terza rotaia nel mezzo alta così da poggiare contro la ruota C e sollevare quelle B, è chiaro che le locomotive, la quale ad ogni doppia corsa degli stantuffi percorreva un tratto uguale a due volte la circonferenza delle ruote grandi C, percorrerà invece solo ne tratto pari alla circonferenza della ruota C. Ora supponiamo che il diametro della ruota C stia a quello delle ruote B come 17 a 44, la velocità diminuirà da 88 a 17 e crescerà in proporzione inversa la resistenza che la macchina potrà superare, cioè la velocità diverrà 0,193, di quel che era prima, e la potenza 5,176 volte meggiore, senza che la macchina a vapore varii menomamente di velocità nè di effetto.

» Avendo abbastanza considerato questo riguardo l'attrito fra le varie ruote nel parlare del mezzo di acceleramento proposto superiormente, ed inoltre in tutti i casi delle fig. 1 e 3, Tav. CXLV, evitandosi qualsiasi aumento degli attriti sugli assi, che sono i più rilevanti, non ci sembra poter sorgere alcun obbietto intorno a queste maniera di fare che la potenza si proporzioni sempre alla resistenza.

» Se non che venne opposto da alcuni lo svantaggio della lentezza con cui si salgono le pendenze, e del ritardo che ne viene nei viaggi, a differenza che con le macchine stabili può aversi anche nelle pendenze la velocità che si vuole e, fino ad un certo punto, può farsi il moto abbastanza veloce del pari con l'aggiunta di possenti locomotive. È però da notare quanto alle macchine stabili che gl'inconvenienti di esse notati in addietro divengono tanto maggiori quanto più sono grandi e potenti, e che molto hanno ad esserlo, se devono tirare in su con tanto discretamente veloce un convoglio alquanto pesante; e che se invece vogliansi frazionare i convogli, ne vengono imbarazzi ed inconvenienti non pochi.

» È inoltre da osservarsi, che siccome le pendenze sono e rimarranno sempre grandissima imperfezione nelle strade ferrate,

e perciò devonsi evitare con ogni cura, ove necessità assoluta non le comandi, così in generale occuperanno piccoli tratti soltanto, un rallentamento nei quali non influirà gran fatto sulla durata del viaggio totale, dovendosi inoltre contrapporvi le perdite di tempo delle fermate inevitabili, sia con le macchine stabili, sia con le locomotive di rinforzo. Se pure vi avesse una strada di assai lunghe pendenze, sarà molto potervi salire senza ingentissime spese e senza pericolo. Finalmente poi ognuno vede che quando si tratta di piccoli convogli, come quelli dei passeggeri, si avrà velocità maggiore, poichè la macchina avrà un eccesso di forza, e che di più nulla vieta in tal caso, anche con questo sistema, di aggiungere una macchina di rinforzo, ove ne risulti il bisogno, potendosi farne a meno pei convogli delle merci che sono i più pesanti, e pei quali alcuni minuti di ritardo non sono di grande conseguenza. »

Colla serie degli esperimenti per noi riferiti nell' articolo Ruote a cuneo, il nob. sig. Minotto giunse a dimostrare che l' aderenza negl' ingranaggi da lui proposti è proporzionale alla metà della base del cuneo, rimanendo eguale il carico; di modo che riducendo soltanto l'angolo della gola e del cordone analogo, da sessanta gradi a quattro, si giunge a rendere 28 e più volte maggiore l' aderenza.

Questa legge costituisce uno dei più utili trovati dell' illustre tecnologo; imperciocchè per essa si potrebbe con qualunque locomotiva vincere pendenze eguali ed anche superiori alle più considerevoli superate sino ad ora, armandole con ruote a cuneo, più o meno acuto.

« Daremo, egli dice, un esempio dell' applicazione di quanto dicemmo, per meglio far comprendere quali norme siano a tenersi e per mostrare quanto profitto se n' ebbie.

» Suppongasi una locomotiva ordinaria del peso totale di 22 tonnellate, 15 delle quali pesino sulle ruote motrici, del diametro di $1^{m},70$. Calcolando l' aderenza a 0,138 del carico, il peso ch' essa gli permetterà di trascinare sopra una strada orizzontale sarà di $15 \times 27,6 = 414$ tonnellate, il quale supera quello anche dei convogli di merci; donde risulta che l' aderenza sarà più che sufficiente, anche qualora, per lo stato delle rotaie, essa alquanto diminuisca. Se però incontrisi una forte pendenza, per esempio, di 0,035, allora, occorrendo una forza otto volte maggiore, quell' aderenza non potrà più dare appoggio che per tirare un convoglio di

$$\frac{144}{8} = 51,^{\text{tonn.}} 67,$$

cioè tonnellate 29,67, oltre al suo proprio peso. Se per darvi più aderenza se ne collegano tutte le ruote, allore il peso che trascinerà sulle via orizzontale diverrà $22 \times 27,6 = 607,2$, e sulla pendenza

$$0{,}035 \quad \text{di} \frac{607{,}2}{8} = 75{,}9,$$

cioè tonnellete 53,9 oltre al suo proprio peso. Questi numeri diminuiranno considerevolmente, se la rotaie saranno bagnate di pioggia, o coperte di brina o di ghiaccio. Inoltre la forza della macchina non potendo divenire otto volte maggiore, sarà insufficiente a far risalire il convoglio, quando pure la mancanza dell' aderenza non fosse un ostacolo.

» Supponendo che per procurarsi le forza motrice e l' aderenza necessaria si aggiungesse una locomotiva di rinforzo del peso di 31 tonnellate, ed a ruote collegate, avrebbesi allora un' aderenza di

$$53 \times 27.6 = 1462.8$$

sulla via orizzontale, che diverrebbe sulla salita

$$\frac{1462,8}{8} = 182,85,$$

che, detratto il peso delle due locomotive, resterebbe 129,85. Supponendo non collegate le ruote della locomotiva minore, che è il caso ordinario, avrebbesi l'aderenza capace di tirare 46 × 27, 6 = 1269, 6, che sulla salita diverrebbe

$$\frac{1269,6}{8} = 158, 7,$$

ossia, senza il peso delle due locomotive, 105, 7, cioè un convoglio di circa 100 tonnellate.

» Col nu sistema invece, supponendo ano ita assai lunga, cusicchè non si p se aumentare per tutta la durata di essa la forza della macchina, come può farsi per le brevi salite, si potrebbe in uno dei modi indicati dalle fig. 1 e 3, Tav. CXLVI, combinare il rotismo per modo che la locomotiva prendesse velocità otto volte minore della massima che può dare sulla via orizzontale, col che potrebbe tirare sulla pendenza lo stesso carico massimo che la potenza della macchina le permetteva tirare sulla via orizzontale. Per ciò si vede che potrebbe senza nessuna difficoltà continuare il suo cammino con qualunque convoglio di merci.

» Se però invece si trattasse di un convoglio di passeggeri, pel quale bastasse tirare un peso di 130 tonnellate, cioè di 108 oltre al peso della locomotiva, come pel caso suesposto della macchina di rinforzo, basterebbe in allora diminuire la velocità di due volte e mezzo.

» Quanto all' angolo da darsi alla gola delle ruote, siccome abbiamo veduto che l'aderenza permetteva di tirare 414 tonn. sulla via orizzontale, se si volesse tirare lo stesso peso sulla salita di 0,035, occorrerebbe aderenza otto volte maggiore, e troviamo che l' angolo delle due facce dovrebbe essere di 14 gradi. Se invece volessimo solo tirare sulla salita 130 tonnellate, basterebbe rendere l' aderenza due volte e mezza maggiore, al che basta un angolo di 40 gradi fra le due facce del cuneo.

» Ad oggetto di meglio esporre i vantaggi che la nuova disposizione procura, dando il mezzo nelle salite di rallentare la velocità e di accrescere l' aderenza, ne considereremo gli effetti nella applicazione ad una macchina, detta l' *Atlas* (1), del peso di 11580 chilogrammi, a sei ruote, quattro dalle quali appaiate, le quali portano i 5/6 del carico, cioè 9650 chilogrammi. I cilindri hanno $0^m,305$ di diametro e la corsa di $0^m.4664$; le ruote hanno il diametro di $1^m,524$, sicchè il rapporto fra la velocità degli stantuffi e quella della circonferenza delle ruote è di 1 a 5,135. La pressione effettiva del vapore era $3^{chil.}$ 588 al centimetro quadrato. La sezione dei due cilindri di 1458 centimetri quadrati, quindi l' azione totale su di essi di 5292 chilogrammi.

» Ora, supponendo questa macchina attaccata ad un convoglio di 75 tonnellate, compresa la macchina ed il suo tender e portata sopra un piano inclinato di 0,035, la resistenza da vincersi sarà:

(1) *Pambour*, Traité des locomotives, pagina 129.

» 1.° Attriti ed altre resistenze, come sulla via orizzontale . . . . 75000 × 0,005 = 375 chil.
2.° Parte del peso non sostenuta dal piano . 75000 × 0,025 = 3635

Totale . 3000

» Supponendo la velocità degli stantuffi di 120 metri al minuto, quella circonferenza delle ruote sarà :

$$120 \times 5,135 = 616 \text{ metri},$$

cioè all'ora 36960. La forza dunque da farsi sarebbe uguale a quella che innalzasse ad un metro al minuto

$$3000 \times 616 = 1848000 \text{ chil.}$$

Invece la pressione utile sugli stantuffi essendo di 5292 × 0,767 = 4059, la forza che avrebbesi sarebbe ;

$$4059 \times 120 = 487080 \text{ chil.}$$

innalzati a un metro al minuto, cioè poco più d'un quarto di quello che occorre.

» Perchè questa forza divenisse sufficiente, converrebbe ridurre la velocità del convoglio a

$$\frac{487080 \times 616}{1848000} = 162,3,$$

cioè all'ora 9738.

» Quanto all'aderenza dietro al carico utilizzato per essa, questa non potrebbe vincere che una resistenza di

$$\frac{9650}{6} = 1608.$$

cioè poco più che metà del bisogno, che, come vedemmo, è di 3000. Quand'anche si fossero collegate tutte le sei ruote per utilizzare l'intiero peso della locomotiva si avrebbe

$$\frac{11580}{6} = 1930,$$

cioè meno dei due terzi di ciò che occorre. Invece con la ruota a cuneo, supponendo l'angolo di 30°, col che l'aderenza diverrebbe :

$$0,138 \times 3,72 = 0,513 ;$$

supponendo ancora che si utilizzasse solo metà del peso della locomotiva, si avrebbe

$$\frac{11580}{2} = 5790,$$

cioè quasi doppia aderenza di ciò che occorre.

» Se, per rinforzo nelle salite, si aggiungesse altra macchina affatto simile all'*Atlas*, si avrebbe per peso totale del convoglio 75000 + 11580 = 86580, e la resistenza da vincersi sul piano inclinato di 0,035 sarà :

» 1°. Attrito ed altre resistenze, come sulla via orizzontale . . . . 86580 × 0,005 = 432,90
» 2.° Parte del peso non sostenuta dal piano . 86580 × 0,035 = 3030,00

Totale . . 3462,90

» La forza per vincerla sarebbe uguale a quella necessaria per innalzare ad un metro al minuto

$$3462,9 \times 616 = 2133146.$$

» Invece le due macchine, supponendo ancora che unite sommassero esattamente le loro forze, lo che non è mai, darebbero al più $487080 \times 2 = 974160$, cioè meno assai della metà del bisogno, a meno che non si riducesse la velocità a

$$\frac{974160 \times 616}{2124146} = 281,$$

cioè all'ora 1686m.

» L'aderenza massima ottenibile, supponendo legate le sei ruote di tutte due le locomotive, sarebbe di $1930 \times 2 = 3860$, cioè poco più che sufficiente; sicchè in caso che per ghiaccio od altro le rotaie divenissero scivolanti, più non basterebbe. Supponendo invece le due locomotive armate di ruota a cuneo, l'aderenza sarebbe $5790 \times 2 = 11580$. »

Basta quest' esempio a porre in evidenza i vantaggi del nuovo sistema, che sembra il solo che possa dare soddisfacente soluzione al problema di superare con locomotive grandi pendenze, e che ammette facili spedienti, per togliere di mezzo le difficoltà che potessero insorgere all' atto pratico. Di ciò fanno pruova i ripieghi semplicissimi indicati dal Minotto nella sua opera dove risolve le obbiezioni che gli si presentarono alla mente o che da altri gli furono fatte. Se non che troviamo opportuno di accennare adesso ad un' emergenza che forse gli passò inosservata.

Per quanto solidamente sia collocata la rotaia a cuneo, che deve essere situata nel mezzo del binario comune, sarà difficile, per non dire impossibile, il mantenerla costantemente allo stesso livello delle rotaie ordinarie, ed ogni minimo cedimento od avvallamento del suo letto farà variare la sua distanza dall'asse della sala motrice, e quindi dal centro della ruota a gola. Diminuendosi questa distanza, le ruote a cuneo verranno di soverchio caricate, e quindi accelerato di troppo il loro logoramento; aumentata quella all' incontro anche di due soli millimetri, l'ingranaggio cesserà d'agire, perchè verrà interrotto il contatto fra la ruota a gola e la rotaia a cuneo.

A togliere questo inconveniente uopo sarebbe dare alla ruota a gola una mobilità tale da poterla mantenere costantemente in contatto colla rotaia, qualunque si fossero le differenze d'undulazione fra i raili esterni e quello di mezzo; e ciò si otterrebbe applicando sulle buccole da grasso della ruota a gola, molle simili a quelle delle altre ruote della locomotiva, le quali potrebbero inoltre caricarsi a volontà di un peso più o meno forte.

Supposto il caso che la rotaia a cuneo si fosse alquanto abbassata, la ruota a gola sforzata dalle dette molle vi si manterrebbe aderente, abbandonando invece il cordone della ruota assicurata stabilmente sull'asse. Si dovrebbe allora provvedere alla continuità di trasmissione del movimento fra le due ruote, le quali dovrebbero perciò essere tutte e due a gola, o mantenute costantemente ad una piccola distanza. Fra queste ruote se ne frapporrebbero altre due egualmente a cuneo collocate lateralmente in modo da internarsi con un piccolo arco del loro cordone nelle gole di tutte e due le ruote a gola. Le ruote laterali dovrebbero essere pure appoggiate da molle attive in senso orizzontale, e s' internerebbero quindi più o meno fra le prime secondo la

maggiore o minore ampiezza del vano che le separasse. L' ingranaggio sarebbe così mantenuto in contatto costante, e sarebbe tolta quella rigidezza che, a nostro avviso, non può che produrre difficoltà nell'esercizio pratico.

Strade-ferrate atmosferiche.

L'idea di approfittare della rarefazione dell' aria per produrre il movimento, a mezzo della pressione atmosferica, è dovuta al sig. Papin.

L' applicazione di questo principio fu tentata per la prima volta nel 1810 dall' ingegnere Danese Medhurst, il quale, col mezzo d'un canale stabile, propose di trasportare le lettere e le mercanzie in un tunnel che contenesse una strada di ferro o di pietra.

Più tardi, in Inghilterra, Valence volle applicare questo principio al trasporto dei viaggiatori da Londra a Brighton, stabilendo la circolazione in un tubo provvisorio di legno, il quale non avesse meno di 2 metri di diametro: ma questo tentativo non fece che screditare un sistema fino allora poco in favore, palesandone l' insufficienza dei mezzi.

Tornando sulla sua prima idea, Medhurst cercò di trasmettere l'azione di un pistone rinchiuso nel tubo ad alcuni vaggoni collocati esternamente per via di un fusto moventesi in una apertura o scanalatura praticata nella parte superiore del tubo stesso: scanalatura ch' esso otturava con una valvola ad acqua. Questo apparato fu nuovamente abbandonato perchè esso domandava per la sua applicazione una strada ferrata di un livello costante.

Ei fu nulladimeno a partire da quest'epoca che si cominciò a considerare d'una maniera più favorevole il sistema di locomozione ad aria; laonde si proposero da tutte

parti apparecchi e sistemi nuovi, alcuni dei quali applicati in grande permisero di stabilire alcune basi solide intorno alla teoria ed alla pratica di queste strade novelle.

Tenteremo di passare in rivista la generalità di tali sistemi, arrestandoci più particolarmente sopra quelli che presentano un maggiore interesse, che furono posti in esecuzione e i cui principii appariscono i più soddisfacenti.

In prima linea ricorderemo il sig. Pinkus, ingegnere americano, che dal 20 dicembre 1834, e sotto il nome del sig. Hosking, ottenne una patente per una valvola a corda destinata a chiuder la scanalatura longitudinale del tubo ad aria.

Prima però d' entrare in ulteriori dettagli, accenneremo al principio del sistema in genere.

È noto che questo si compone di un tubo di ghisa collocato fra i raili in tutta l' estensione della via, e nell' interno del quale agisce un pistone. Una tromba pneumatica, messa in movimento da una macchina a vapore, è collocata in modo da estrar l'aria contenuta nel pistone. La pressione atmosferica viene così diminuita da un lato del pistone, proporzionalmente alla quantità d' aria estratta; e come la pressione sull'altra faccia resta le stessa, il pistone deve avanzare, mosso da una forza eguale, alla differenza di queste pressioni moltiplicate per la superficie, con una velocità precisamente eguale a quella colla quale si fa il vuoto dietro di esso. Questa velocità è regolata dalla potenza dell' apparatu pneumatico e dal grado di rarefazione nell' interno del tubo.

La comunicazione del movimento del pistone interno ai vaggoni ordinarii, presentava realmente una grande difficoltà; imperciocchè trattavasi di legare queste due parti permettendo loro di muoversi attraverso il tubo, sempre impedendo all' aria d' entrare nel tubo vuoto.

I piani del sig. Pinkus, come quelli adottati dai suoi successori, ebbero per iscopo la soluzione di questo problema.

A tal effetto, il tubo di ghisa che occupa tutta la lunghezza della strada, è diviso nella sua faccia superiore da una scanalatura longitudinale, nella quale passa un braccio attaccato da una parte al veicolo e dall' altra al pistone. Questa scanalatura è chiusa sul davanti del pistone, e, a misura ch'esso avanza, da una gomona flessibile sulla quale appoggia una girella applicata al veicolo.

Ecco l'organizzazione particolareggiata di questo sistema.

Il tubo di ghisa, che ha 40 pollici inglesi (1^m,216) di diametro interno, e 25 millimetri di spessore, è solidamente incastrato in una muratura, ed assoggettato ad essa per via d' orecchioni. Questo tubo, che occupa tutta la larghezza della via, ha seco uniti i raili sui quali cammina il veicolo; esso è solcato al di sopra ed in tutta la sua lunghezza da una scanalatura sormontata da un canaletto che fa parte del tubo stesso, e riceve una gomona flessibile, che una girella montata sul braccio del veicolo fa entrare nel canaletto suddetto, in modo da turare la scanalatura. Questa gomona è sostenuta da una puleggia collocata al di sopra e nel mezzo del veicolo.

Il diaframma o pistone, che opera nell'interno del tubo, è composto dei pezzi seguenti:

Nel fondo del tubo, e parallelamente alla scanalatura, è fissata una linguella longitudinale sulla quale camminano due puleggie a gola attaccate pel loro asse ad un albero, munito di un braccio passante attraverso la scanalatura. Questo braccio, composto di una piastra forte di ferro battuto, entra nel fondo del veicolo al quale è assicurato con una chiavarda; esso porta un regolo orizzontale rigido munito di due girelle, che guidano il braccio nel suo passaggio a traverso la scanalatura, in modo da impedire ch' esso ne tocchi i labbri, ond' evitare lo sfregamento.

Il prolungamento dell'albero delle ruote è formato da un fusto, che deve essere molto solido per non piegarsi sotto il peso del diafragma o pistone.

Il pistone è composto d' un telaio solido di ferro sul quale è inchiodata una piastra di lamierino che si aggiusta nell' interno del tubo in maniera tuttavia da lasciarlo passare liberamente, e senza attriti. — Nella parte inferiore del pistone è un coperchio a cerniera, che una catena passante sopra puleggie, fa aprire. Questo coperchio è destinato a far rientrar l' aria nel tubo, quando è necessario di arrestare il convoglio. Per mantenere la verticalità del pistone, il suo telaio è sostenuto da regoli fissi nel fusto principale.

Alla sala anteriore del veicolo sono attaccate delle lame elastiche di ferro piatte unite ad un telaio portante girelle di frizione orizzontali, che girano contro le pareti esterne del canaletto al di sotto delle sponde, e sono destinate a tener lontane dal tubo le ruote del veicolo, affinchè non esercitino alcuno sfregamento contro di quello. Girelle simili sono attaccate a tutti i vagoni del convoglio.

La gomona flessibile ch' entra nel canaletto per otturar la scanalatura, estendesi su tutta la lunghezza del tubo; essa è abbastanza pesante per non aver bisogno che di una leggiera pressione delle girelle per discendere al fondo del canaletto ed appoggiarsi sulla scanalatura.

Questo sistema fu sperimentato nelle vicinanze di Londra; ma fosse vizio di costruzione nell' apparecchio, fosse la difficoltà di operare il vuoto in un tubo di un diametro così grande, il progetto fu abbandonato, non risultandone quegli avvantaggi che si si riprometteva.

Lo stesso ingegnere concepì un' altra idea nel 1836: esso volle chiudere la scanalatura longitudinale del tubo di propulsione col mezzo d'una valvola composta di due liste di metallo di una certa altezza, appoggiate sui labbri della scanalatura del tubo, piegate a guisa di gombito su questo punto, elevandosi in linea retta con una inclinazione sufficiente per congiungersi ad unghia nella loro perte superiore, e presentando el punto di contatto due superficie levigate.

Queste due liste metalliche, composte di una lege di ferro e di rame, essendo più grosse alla base che alla sommità, sono disposte di modo che le parti superiori in contatto esercitino l' una sull' altra una notavole pressione, ed occorre adoperare per aprirle uoe forza considerevole che torna a pura perdita. Ma la rigidezza di queste liste, la loro notabile altezza sopra il tubo di propulsiooe, lo sforzo considerevole che deve aver luogo nel passaggio del fusto direttore, sulla parte inzancate come sulla chiavarde di congiunzione, e finalmente l'attrito che deve risultarne, presentarono troppo gravi inconvenienti perchè tale processo potesse evere un' applicazione industriale, e fu abbandoneto come il precedente.

Due enni più tardi, i sig. Clogg e Samuda di Wormwood-Scrubs, presso Londra, immaginarono di otturare l' epertura longitudinale dei tubi con una coreggia di cuoio, armata di lame di ferro, ferma da un lato per far cerniera, sollevantesi per via di galletti adattati el pistone, e ricadente pel suo proprio peso per otturare di nuovo la scanalatura dopo il passaggio del fusto.

Questo sistema, privilegiato in Francia il 29 settembre 1838 sotto il nome del sig. Boufil, fu subito sperimentato al l' Havre, e nelle officine di costruzione in Inghilterra, quindi d' una maniera af-

fatto pretica sopra una strada di ferro di 3 chilometri da Kingstown e Dalkey in Irlanda, e finalmente, e di fresco, sulla strada di Croydon in Inghilterra e di Saint-Germain in Francia.

Quando i buoni risultamenti del pistone delle strade atmosferiche dei sig. Clogg e Samuda furono conosciuti in Francia, si concepì la spereoza di poter superare dalle rampe la cui pendenza fusse superiore a quelle delle strade attuali.

Parecchi progetti furono presentati al governo, fra i quali quello di far arrivare la strada-ferrata di Pecq sullo spienato della città di Saint-Germain. Tutte le condizioni desiderabili per una sperienza completa si combinavano. Il governo accordò per farla una sovvenzione di 1,800,000 franchi votata dalle Camere, e la città di Saint-Germain, che ne aveva il principale interesse, destinò 200,000 franchi per quest' oggetto.

Facendo principiare a Nanterre l' applicazione del sistema atmosferico, potevasi sperare di ottenere uno sperimento decisivo sopra una linea allivellata; e facendo montare i raili fino a S. Germain, cercevasi la soluzione di questo problema pieno d' interesse: ascensione di rampe successive; ascensione massime delle rampe.

La prolungazione delle strada primitiva non potendo farsi al suo punto d' arrivo, in causa degli ostacoli che si sarebbero incontrati ad ogni passo, e la differenza di livello fra lo speldo della città e le strada di ferro essendo considerevole, si rese necessario, per evitare queste difficoltà, e per superare quelle pendenze, di stabilire la diramazione a una grande distanza dalla tettoia di Pecq, vale a dire a 1500 metri. La configurazione del lato al di sotto dello sterrato, domandava nell' esecuzione della strada-ferrata una configurazione per così dir simile. La necessità di non dare al ponte sulla Senna

ed al viadotto che le fa seguito, proporzioni troppo gigantesche, l' obbligo di compensare gl' interrimenti da collocarsi nelle vallate, e gli sterramenti da ricavarsi dalla foresta, e di non dividere la foresta stessa con un interrimento, ecc.: tutte queste ragioni insieme, condussero alla determinazione di dare alla strada una forma parabolica, il cui primo elemento avrebbe una pendenza di $0^m,0014$, e fosse terminata da una tangente, la cui pendenza continua sarebbe di $0^m,035$ per ogni metro. Calcoli fatti con molta cura fecero conoscere che questa pendenza potrebbe facilmente essere superata col sistema di propulsione dell' aria atmosferica.

In origine, il sistema atmosferico doveva essere applicato dalla stazione di Nanterre fino a Saint-Germain; la strada, le macchine ed i tubi erano anche preparati; ma fino ad oggi non ci consta che sia stata attuata che la parte compresa fra il bosco di Vesinet e la piattaforma di Saint-Germain. Questa è d' altronde la parte più interessante e più utile. Sopra questo tronco, il tubo propulsore ha $0^m,38$ di diametro sopra una lunghezza di 5,214 metri.

A Saint-Germain, due macchine accoppiate, di 200 cavalli cadauna, mettono le trombe pneumatiche in movimento, e sono costrutte sul medesimo modello di quella di Chatou, altra stazione sullo stesso tronco.

Ricorderemo in brevi termini la disposizione generale, il principio e l' organizzazione delle strade atmosferiche; poscia descriveremo particolarmente la strada, le valvole, il vaggone direttore, le macchine, ecc., che compongono l' insieme del sistema.

Fu detto che in esso è la rarefazione dell' aria, prodotta dalle macchine in un tubo longitudinale esteso su tutta la lunghezza della via, che determina l' avanzamento di un pistone, sopra una delle cui faccie agisce la pressione atmosferica, diminuita dal grado di perfezione del vuoto ottenuto dal lato della sua faccia opposta.

Questo pistone, che scorre così nel tubo, è legato col primo vaggone, costrutto a questo effetto di una forma particolare, ch' esso strascina con una velocità dipendente ad un tempo dal grado del vuoto fatto nel tubo e dal peso del vaggone da rimorchiare. Alcune valvole collocate di distanza in distanza intercettano la comunicazione in tutta la lunghezza del tubo, e permettono stabilire delle sfere di azione nelle quali agiscono respettivamente le macchine fisse disposte a intervalli variabili sulla via.

Il chiudimento del tubo, l' elasticità di questo chiudimento, e la sua proprietà di impedire il reingresso dell' aria causato dal passaggio del fusto, erano le condizioni essenziali di un problema del quale una folla di meccanici, d' ingegneri e di dotti hanno cercato la soluzione.

Del tubo e della valvola longitudinale.

A Saint-Germain si è copiato esattamente il sistema irlandese, ed è la valvola eseguita per questa strada dai signori Chagot di Parigi e Joly d' Argenteuil che vedesi rappresentata in pianta ed in sezione verticale nelle fig. 1 e 2 della Tavola CXLVII delle *Arti meccaniche*.

Questa valvola è formata da una coreggia continua di grosso cuoio *a*, armata sotto e sopra ed in tutta la sua lunghezza di forti pezzi egualmente di cuoio e da lame di ferro delle medesime dimensioni *c*. Così costituita essa applicasi sulla superficie superiore spianata del tubo di propulsione A, e vi si mantiene per via di un regolo longitudinale, *d* che le serve di cerniera, o di centro di rotazione. Di

tratto in tratto sono unite di un getto solo col tubo *e*, alcune gorbie che ricevono le chiavarde ricurve *f*, per mezzo delle quali premesi a volontà l'albero continuo *d* contro la coreggia *a*. Per fare aderire più fortemente quest' ultima contro la sua sede, ed impedire per quanto sia possibile l'ingresso dell' aria, si è praticato sulla superficie del tubo opposto alla cerniera un canale od apertura *g* spalmata di un miscuglio di cera e di sego, che in una alla pressione atmosferica suggella esattamente queste due parti.

Tutta la lunghezza del tubo formata dalla serie dei tubi di ghisa A, rinforzati da larghe nervature *e'* ed insinuantisi gli uni negli altri, è chiusa da un' animella simile a quella che abbiamo descritta. Una parte di quest' ultima viene rappresentata in pianta nella fig. 3, in alzato nella fig. 4, ed in sezioni trasversali secondo le linee 1, 2, 3 e 4, fig. 5 e 6 della medesima Tavola. Abbiamo scelto a modello la parte del tubo che termina a Saint-Germain, come quella che aiuta a superare la più grande pendenza, a vincere la più gran curva, e che è finalmente del maggior diametro (0m, 63).

Gli è facile di notare che le stesse traverse *h* servono a sopportare il tubo di propulsione A, ed i raili ordinarii *i*, e questo è internato nel suolo all' incirca fino a metà della sua altezza.

Comincieremo adesso la descrizione degli apparati, seguendo per ciò stesso la marcia di un convoglio.

I convogli partendo da Parigi seguono la medesima via-ferrata come per lo passato, l' abbandonano quindi alla stazione di Vesinet, dove si lascia la locomotiva, e s' incomincia il viaggio col vaggone direttore. Col mezzo di verricelli a braccia rimorchiasi tutto il treno fino all' entrata del tubo, ed è durante queste operazioni che si effettua il vuoto nella totalità del tubo di propulsione A. — Sopra una linea di grande estensione, questo vuoto ottiensi in porzioni più o meno grandi, secondo la forza delle macchine pneumatiche. Sopra quella di Saint-Germain, questa prima manovra doveva effettuarsi da Nanterre fino a Chatou, mercè alla macchina di Nanterre, costrutta dai sig.[ri] I. J. Meyer di Mullhouse; e da quest'ultimo punto fino a Saint-Germain, mercè a quelle di Saint-Germain eseguite dal sig. Alfredo Hallette d' Arras. Quest' ultimo tratto di strada è il solo in attività ed il solo ch' esamineremo minutamente.

Le trombe di Chatou, costrutte nelle officine di Seraing nel Belgio, devono servire a far discendere i traini quando la gravitazione non bastasse più per imprimer loro la velocità necessaria. Per questo effetto, un diafragma collocato a 700 metri di distanza doveva permettere alla macchina di Chatou di operare il vuoto in questa parte di grosso tubo, una volta che il convoglio ascendente l'avesse oltrepassato.

Valvole d' entrata.

Quando il pistone è introdotto nel tubo, trattasi di fare il vuoto dinanzi ad esso; ma per farlo con frutto, intercettasi ogni comunicazione, col mezzo di una *valvola d' ingresso*, e si fa agire il telegrafo elettrico che avverte quando si devono mettere in movimento le macchine pneumatiche.

Questa valvola è rappresentata in dettaglio nella Tavola CXLVII.

La fig. 7 rappresenta la sezione verticale fatta secondo l' asse del tubo di propulsione.

La fig. 8 un'altra sezione verticale perpendicolare alla precedente, e fatta secondo la linea 5-6.

Finalmente la fig. 9 una elevazione esterna parallela alla fig. 7, e veduta dal lato del meccanismo.

Supponiamo un treno che vada a S. Germain. Quando si è chiusa la valvola, agendo sulla leva B, questa intercetta la comunicazione fra la parte del tubo nella quale si fa il vuoto e quella nella quale si trova il pistone, e quindi il convoglio. Alla prima evacuazione d' aria estratta dai primi colpi del pistone delle pompe pneumatiche, l' equilibrio della pressione essendo rotto sulle due faccie del coperchio, o valvola d' ingresso C, quest' ultima, alzandosi ed abbassandosi liberamente sull'asse *j* che le serve di cerniera, tende a ricadere nella sua posizione normale, perchè non è trattenuta che dal settore di ghisa *k* e dal suo contrappeso *l*, che diverrebbero ben presto insufficienti. Si è dunque obbligati di esercitare sulla faccia in contatto con la parte vuota una pressione fattizia, che può applicarsi o togliersi a volontà. Or ecco ciò che fu immaginato a quest' uopo. La parte di tubo di propulsione nella quale si muove la valvola di entrata è munita alla sua base di una tubulatura *m* cui è inchiavardato il cilindro D. L' interno di questo tubo con un orifizio superiore *n* e un orifizio inferiore *o*, aperto all'aria libera, riceve il pistone guernito di cuoio E, che si unisce col coperchio C per via della biella o fusto F; lo che rende il movimento di questi due pezzi dipendente l' uno dall' altro. Ora, dove si voglia impedire alla valvola di ricadere per l' aspirazione dell' aria del tubo, si scopre l' orifizio *o*, e si chiude l' orifizio *n* per mezzo del distributore *p*. L' aria precipitandosi sul pistone E agisce su tutta la sua superficie; e come questa è notabilmente maggiore di quella del coperchio d' ingresso, si capisce ch' esso la mantiene chiusa con una forza dipendente ad un tempo dall' eccesso di questa superficie, dalla perfezione del vuoto nel tubo di propulsione e dal peso *l*, moltiplicato per la lunghezza del braccio o settore *k*. Quando si è ottenuto questo vuoto ad un grado conveniente, bisogna far abbassare la valvola per dar passaggio al convoglio. A questo effetto si cambia la disposizione del distributore *p*, che mette allora in comunicazione i due orifizii *n* ed *o*; nello stesso istante, l' aria che esiste nel pistone viene aspirata istantaneamente dalla parte superiore vuota, e l' equilibrio di pressione si stabilisce ben presto; la valvola si apre di per sè stessa e senza scossa per lasciare il passaggio al pistone motore.

In caso d' accidente o di falsa manovra, il cilindro D è guernito alla sua base da una specie di tampone o molla metallica *q*, che attenuerebbe la scossa del pistone se quest' ultimo venisse a distaccarsi, e di una valvola di sicurezza *b'*, che lascierebbe scappare l' aria in caso di un falso movimento.

La manovra del distributore d'aria *p* effettuasi così a mano, come dal convoglio stesso. Nel primo caso gli è operando sul manico G che si fa muover l'asse che lo porta, la manivella *r*, ed il fusto a contrappeso S²; nel secondo caso, ciò si fa col mezzo di un meccanismo particolare e molto ingegnoso, delineato in dettaglio nella fig. 10. Esso componesi di una doppia leva H, situata ad alcuni metri dalla valvola per esso comandata, intagliata nei raili *i* ed oscillante intorno al suo punto fisso *t*. Quando la prima ruota del convoglio fa abbassare la parte ricurva di questa leva, la sua parte opposta, che riteneva il molinello I, la lascia scappare sollevandosi per farle prendere la posizione indicata dalla linea punteggiata; ma cadaun estremo di questo molinello corrisponde con un lungo e forte

filo di ferro u, che incrociandosi nel mezzo della sua lunghezza, attaccasi a un secondo molinello J, rappresentato nelle fig. 8 e 9. Ne segue quindi che l' oscillazione di quest' ultimo ha fatto agire il distributore p, che il peso v tende sempre a far discendere, ed ha chiuso la comunicazione dell' aria per istabilire quella del vuoto. Si rimettono a mano le cose nello stato primitivo, mediante la leva G.

Valvola intermediaria.

La valvola intermediaria, che non esiste nella parte attuata della strada di ferro atmosferica di Saint-Germain, ma che esiste nel progetto, doveva servire a limitare la sfera d' azione di cadauna macchina motrice, e doveva manovrarsi di una maniera analoga, salvo alcune piccole particolarità, di cui la principale era la cassetta del distributore, che in luogo di trovarsi in comunicazione con l' aria, lo era al contrario con la porzione vuota del tubo per una doccia ricurva. Il suo principio, il suo movimento, il suo scopo, erano d' altronde gli stessi di cui abbiamo parlato.

Il nostro convoglio continuando la sua strada è dunque sul punto di arrivare a Saint-Germain. Qui si presentano due casi differenti: quello in cui si faccia uso del pistone primitivo rappresentato nel vaggone della fig. 13, e quello in cui si adoperi per contrario un altro pistone più recentemente costruito. Esamineremo queste due manovre quando parleremo del vaggone e dei pistoni.

Valvola d' uscita.

È questa collocata quasi all' estremità del tubo d' arrivo a Saint-Germain, e al di là della diramazione sotterranea, che serve all' eliminazione dell' aria (fig. 4 e 5). Stabilita secondo principii analoghi alle due valvole che abbiamo esaminato, essa nulladimeno manovrasi senza l' aiuto del pistone ausiliario, o dei contrappesi.

Questa valvola oscillando con l' asse y, serve a limitare l'ultima sfera d'azione delle macchine pneumatiche. A questo effetto, e sempre nella ipotesi di un traino che vada a S. Germain, essa affetta la posizione indicata dalle punteggiate; di maniera ch' è mantenuta in questa posizione dalla pressione atmosferica che agisce sopra una delle sue faccie. Quando il convoglio arriva, e dacch' esso ha oltrepassato il tubo di aspirazione delle macchine pneumatiche, collocato al di qua della valvola d' uscita, il distributore x apresi mercè una leva simile a quelle che abbiamo prima descritto, e libera l' orifizio z della cassetta K. Questa manovra, che si effettua per via delle squadra a contrappeso L e dei fili, o regoli a', ha per risultamento di permettere all'aria esterna di penetrare nella parte di tubo compresa fra la valvola ed il pistone motore; di maniera che quest' aria spinta sempre più contro la valvola, acquista ben tosto una pressione capace di farla abbassare senz'alcun meccanismo, e sbarazza così il convoglio da qualunque ostacolo, lasciandogli continuare il suo viaggio per la sola velocità d'impulsione fino all' uscita del tubo.

Crediamo, dopo questa descrizione, che non sarà senza interesse per il lettore il resoconto dei risultamenti ottenuti in Inghilterra, e la loro applicazione alle linee di S. Germain, dato dal signur Flachat.

RISULTAMENTI OTTENUTI SULLE STRADE ATMOSFERICHE IN INGHILTERRA ED IN FRANCIA, SULLA LINEA DA PARIGI A SAINT-GERMAIN.

Prima di procedere all'esposizione degli studii e dei calcoli relativi alla strada-ferrata atmosferica da Nanterre a Saint-Germain, indicheremo le cifre e le nozioni trasmesse dal sig. Samuda alla Compagnia che ha intrapreso quest' ultima. Tali nozioni stabiliscono il grado delle cognizioni degl' ingegneri rispetto alle ferrovie atmosferiche, nonchè il punto di partenza della sua attuazione.

Ecco i documenti :

Indicazioni e cifre fornite dal signor Samuda.

1.° Il vuoto occorrente è quello che viene misurato da una colonna di mercurio che si elevi a 15 pollici, ovvero $0^m,38$. (Qui si suppone, ed anche in seguito, che la sommità del barometro sia messa in comunicazione con la capacità dove si rarefà l'aria, di modo che è l' altezza più o meno grande alla quale monta il mercurio che misura il vuoto più o meno perfettamente raggiunto.)

2.° La sezione del pistone propulsore deve esser calcolata in ragione di un pollice inglese per tonnellata, e per una velocità di 60 miglia all' ora, vale a dire in modo da presentare una pressione effettiva di 20 libbre inglesi per tonnellata, ovvero $9^k,06$ sul livello, e per fornire una velocità di 60 miglia all' ora, ovvero $26^m,9$ per secondo.

3.° La sezione del tubo propulsore dev' essere 1/20 di quella della tromba pneumatica.

4.° La velocità del pistone della tromba ad aria dev' esser circa di 240 piedi inglesi per minuto, ovvero $1^m,20$ per secondo.

5.° É d' uopo servirsi di macchine a vapore ad espansione.

Tali dati hanno servito di base a stabilire il sistema atmosferico sulle linee da Londra a Croydon, e da Plymouth a Exeter (Sout Devon) terminata sotto la direzione degl'ingegneri Cubitt e Brunel.

Srada di ferro da Londra a Croydon.

Il profilo della strada rappresenta una lunghezza di 14482 metri, così divisi : Sopra 1810 metri, la rampa è di 1/1320; sopra i 4827 metri che seguono, la rampa è di 1/100; il resto della linea è a livello.

Il tubo propulsore ha costantemente lo stesso diametro interno di 15 pollici, ovvero $0^m,38$.

Il vuoto ottenuto è quello che vien misurato da una colonna di mercurio di 10 pollici inglesi ; esso può d'altronde esser portato fino a 20 pollici.

L'ingegnere calcola sopra uua velocità di 30 miglia all' ora con un convoglio di 60 tonnellate, vale a dire $13^m,4$ per secondo. Il siguor Samuda spera che si raggiungerà la sollecitudine di 50 miglia all'ora con un convoglio di 50 tonnellate, vale a dire $22^m,3$ par secondo.

Le macchine saranno a bilanciere, col cilindro a vapore da un lato e il cilindro pneumatico dall' altro ; una biella collocata intermediariamente comunica un movimento di rotazione ad un albero che porta un volante.

Il vapore esercita una pressione di 40 libbre inglesi per pollice quadrato superiore alla pressione atmosferica ; vale a dire $2^{chil.},87$ per centimetro quadrato sopra la pressione atmosferica : esso agirà nel cilindro a piena pressione durante 1/6 della corsa, e si diffonderà durante il resto della corsa del pistone. La variazione sarà fra 1/6 e 1/2.

I cilindri a vapore avranno .	40 pollici, vale a dire	1^{m},016	di diametro.
I cilindri ad aria	57 id. . . .	1^{m},055	id.
Le loro corsa comune. . .	4 piedi . . .	1^{m},22	

Il volante farà 30 giri per minuto.

Strada di ferro da Plimouth a Exeter.

La linea di South-Devon è presso a poco a livello nel primo tratto, che è di 22 miglia, e vi s' impiega un tubo di 13 pollici, vale a dire 0^{m},33 di diametro. Non si presenta che una pendenza di 1/420, dove si adopera un tubo di 22 pollici, vale a dire 0^{m},557. Le stazioni sono tutte a 3 miglia all' incirca, ovvero a 4827^{m} di distanza. Vi è una macchina ad ogni stazione. Si calcola di ottenere una velocità di 60 miglia all' ora, ovvero 26^{m} per secondo, con 55 tonnellate.

Vi hanno due cilindri a vapore e due cilindri ad aria ad ogni stazione.

Due sono i sistemi delle macchine: nell' uno il movimento è diretto, i pistoni a vapore e ad aria trovandosi infilati sul medesimo fusto, ed i cilindri uno sopra l' altro. Nel secondo sistema, il cilindro ad aria ed il cilindro a vapore sono collocati l'uno verticalmente, l'altro orizzontalmente; i loro assi sono nello stesso piano, e le bielle oscillanti ad angolo retto sulla medesima manivella, abbastanza lunga per ricevere le due estremità. Il vapore funziona sotto una pressione effettiva di 12 libbre inglesi per pollice quadrato, ovvero 2 chilog.,94 per centimetro quadrato. Il vapore, introdotto a piena pressione durante 1/6 della corsa, si diffonde durante i 5/6 seguenti.

Vi sono due piccole macchine di 10 cavalli cadauna per operare la condensazione e l' alimentazione, non meno che pel servizio della stazione col mezzo di tamburi e di corde.

Le dimensioni delle grandi macchine sono:

Trombe ad aria	44	pollici di diametro, ovvero		1^{m},176
Cilindri a vapore	33	id.	id.	0^{m},8382
Corsa comune.	6	piedi id.	id.	1^{m},83

22 giri di volante per minuto danno una velocità del pistone di $1,^{m}34$ per secondo.

Questi sono i principali dati concernenti le due indicate strade di ferro.

Strade di ferro da Dalkey a Kingstown.

In quanto alla linea di Dalkey, essa è abbastanza conosciuta per i rapporti che ne fecero il sig.ri Mallet e Stephenson.

Del resto, la macchina a vapore non essendo stata specialmente costruita per quest' oggetto, non bisogna considerarla come modello da seguirsi nella costruzione di una linea atmosferica.

Tracciato e profilo della strada atmosferica da Nanterre a Saint-Germain.

La determinazione del tracciato fu motivata dalla configurazione del suolo e

dalle disposizioni da seguirsi per le opera d'arte.

Fra Nanterre ed il punto detto *diramazione*, dove il nuovo tracciato si lega coll' antico, la pendenza può considerarsi come nulla. A partire da questo punto fino a S. Germain, una successione di pendenze e di rampe affettano nel loro insieme la forma di una parabola. Ecco la successione delle dette rampe e pendenze colle loro lunghezze e la loro inclinazioni rispettive, partendo dalla *diramazione* e recandosi a S. Germain:

Pendenza di	0^m,0019	per metro	sopra una lunghezza	di		733^m,30
id.	0	. id.	. . . .	id.	»	710^m,00
Rampa	0^m,0014	. id.	. . . .	id.	»	76^m,00
id.	0^m,0052	. id.	. . . .	id.	»	120^m,00
id.	0^m,0098	. id.	. . . .	id.	»	120^m,00
id.	0^m,0014	. id.	. . . .	id.	»	78^m,00
id.	0^m,0166	. id.	. . . .	id.	»	102^m,00
id.	0^m,0200	. id.	. . . .	id.	»	60^m,00
id.	0^m,0235	. id.	. . . .	id.	»	120^m,00
id.	0^m,0281	. id.	. . . .	id.	»	120^m,00
id.	0^m,0327	. id.	. . . .	id.	»	120^m,00
id.	0^m,035	. id.	. . . .	id.	»	1020^m,00
Livello, sito d'avrivo, una lunghezza			. . . . . .			180.

La sola parte del profilo sopra la quale sia necessario di dare alcune spiegazioni è quella che presenta la forma di una parabola, perch' essa fu motivata non solo dalle esigenze del terreno, ma eziandio perch' essa parve conveniente al modo di propulsione che trattasi d'impiegare, e che in ciò si combina collo stesso sistema atmosferico.

In fatti, coma abbiamo detto, la parabola permette di non innalzar troppo i ponti sulla Senna e il viadotto, e di concentrare la pendenza alla stessa dirittura dove il terreno più si raddrizza: essa soddisfa sotto a questo rapporto alle condizioni di economia.

In secondo luogo, essa presenta una rampa sempre più crescente a mano a mano che il moto da operarsi nel tubo diventa sempre più perfetto. In fatti, la rientrata d' aria inevitabile che si effettua lungo la valvula longitudinale, diminuisce in guisa ed a misura che il convoglio accostasi alle trombe pneumatiche e diventa quasi nulla quando una debole distanza le separa. Da un altro lato, la velocità diminuendo l'aria dilatata che il pistone ricaccia dinanzi a sè, forma un volume sempre meno considerevole da assorbirsi dalle trombe. Questa duplice circostanza fa sì che la rarefazione dell'aria debba divenire sempre più perfetta. Vi avrà dunque una specie di compensazione fra l'accrescimento dell'inclinazione delle rampe e l'aumento della pressione effettiva sul pistone propolsore.

Si vede dunqoe che indipendentemente dai motivi indicati prima, vi è luogo ad adottare non già una pendenza uniforme, ma una pendenza crescente fino ad un certo limite; ed è a quest' ultima condizione che soddisfa egualmente bene la curva parabolica.

Il tracciato della strada-ferrata una volta determinato, non meno che l' inclinazione delle rampe e le loro longhezze,

si presentano due problemi importanti a risolvere sotto il punto di vista meccanico:

1.° « Determinazione della sezione da » darsi al tubo propulsore nelle diverse » sezioni della strada, per soddisfare al- » le condizioni della potenza e della ve- » locità.

2.° » Determinazione della potenza » delle macchine pneumatiche destinate » ad operare la rarefazione dell' aria nei » tubi, e delle macchine a vapore che » devono metterle in movimento. »

Studio del primo problema

Determinazione dello sforzo di traimento per tonnellata, a differenti velocità.

Per risolvere la prima questione fu d' uopo determinare qual fosse in generale, e specialmente sulla strada-ferrata di Saint-Germain, lo sforzo di traimento per tonnellata:

1.° A una velocità assai debole, perchè si potesse riguardare la resistenza dell'aria come nulla.

2.° A diverse velocità, quando la resistenza dell' aria e tutte le cause che anmantano lo sforzo di traimento, e cresce la velocità, prendono una grande importanza.

A questo effetto, indipendentemente da alcuni risultamenti d'esperienze note sulla velocità uniforme che prendono i vaggoni sulle pendenze delle strade-ferrate della riva sinistra, della riva destra, e da Saint-Étienne a Lione, si determinarono, a mezzo di un dinamometro collocato fra la locomotiva e il convoglio, i diversi sforzi di traimento per tonnellata che corrispondono a diverse velocità, badando di ben distinguere il caso dove vi fosse accelerazione in quelli nel movimento uniforme.

Formula dello sforzo di traimento.

Per rappresentare analiticamente la legge delle variazioni degli sforzi di traimento corrispondente a diverse velocità, si è adottato la formula pratica

$$R = a + b u^2,$$

la quale suppone che la resistenza R, ovvero lo sforzo di traimento per tonnellata, si componga di due quantità: l'una costante a, che è lo sforzo di traimento per tonnellata, a una velocità infinitamente piccola; l' altra $b u^2$, che rappresenta uno sforzo di traimento variabile come il quadrato della velocità u, ed esprime la resistenza dell' aria, ed in generale qualunque specie di resistenza crescente come il quadrato di questa velocità; a e b sono, come lo si vede, dei coefficienti, che è bastato determinare a mezzo di due equazioni suggerite dalle esperienze sopraindicate, e particolarmente da quelle fatte sulla strada-ferrata di Saint-Germain.

Si è potuto di questo modo ottenere un numero sufficiente di coppie di valori di a e b, e quelle alle quali si si è arrestati rappresentando una media molto opportuna sono:

$$a = 0{,}00421 \text{ tonnellate}, \quad e \quad b = 0{,}000317 \text{ tonnellate}.$$

L' unità del peso è la tonnellata, perchè il peso dei convogli è il più di sovente espresso in questa unità; così E, esprimendo il numero delle tonnellate

che pesa un convoglio, lo sforzo di traimento F, che bisognerà sviluppare per darle una velocità uniforme sarà,

$$E = P\ (a + b\,u^2).$$

Valutazione dello sfregamento del pistone propulsore.

La formula $R = a + b\,u^2$ essendo ammessa, così come il valore dei coefficienti *a* e *b*, il primo uso che se ne è fatto fu la determinazione dello sfregamento del pistone propulsore. Per arrivare a questo scopo si è applicata la formula precedente alle diverse esperienze fatte sulla strada di Dalkey, e la si è combinata colle formule note del movimento sotto l' influenza di una forza variabile

$$x = V\,o\,t + \frac{F}{m}\,\frac{t^2}{2}$$

$V = \frac{F}{m}\,t$; F essendo la forza di traimento conosciuta (col mezzo dell' altezza del barometro) e variabile esercitata dal pistone propulsore, diminuita dal valore $R = a + b\,V^2$ e dallo sfregamento del pistone.

Fu necessario di tener conto e ricordare che nel viaggio della strada di Dalkey, le pendenze sono variabili e che la velocità, in ragione della poca lunghezza della linea, è quasi costantemente accelerata di modo che lo sforzo esercitato dal pistone può decomporsi in quattro parti:

Sforzo totale:

1.° Sforzo di traimento corrispondente a una velocità uniforme sul livello;
2.° Sforzo di traimento corrispondente alla pendenza nel movimento considerato;
3.° Sforzo di traimento corrispondente all' accelerazione osservata nel movimento;
4.° Sforzo corrispondente agli sfregamenti dello stesso pistone, dei galletti, ecc.

Le tre prime quantità possono essere assai facilmente determinate, come lo sforzo totale di traimento esercitato dall'aria contro il pistone propulsore, poichè si conosce ad ogn' istante l' altezza del barometro di osservazione.

Niente è dunque più facile quanto ottenere lo sforzo n.° 4 che si tratta di determinare.

Questi calcoli hanno dato per l'attrito una serie di valori; i più eccentrici furono eliminati, e la media degli altri ha dato approssimativamente il numero di 100 chilogrammi, che fu adottato pel diametro del tubo di $0^m,38$, che è appunto quello di Dalkey.

Per determinare la cifra analoga pel pistone del tubo di $0^m,63$ di diametro, che vedremo adottato più tardi fra la *diramazione* e Saint-Germain, non si poteva moltiplicare il risultamento ottenuto dal rapporto delle circonferenze dei pistoni; imperciocchè lo sfregamento dei galletti è lo stesso nei due pistoni. Esso è forse un poco minore nel grande, perchè i galletti avendo un diametro più considerevole effettuano meno giri per 1", ed il loro movimento di rotazione torna più facile. Queste considerazioni hanno suggerito di prendere 120 chilogr. per l' espressione dello sfregamento del gran pistone.

Determinazione del diametro dei tubi.

I punti precedenti una volta determinati, è divenuto possibile di calcolare il diametro da darsi ai tubi propulsori:

1.° In piano, fra Nanterre e la diramazione;

2.° Sulla rampa, fra la diramazione, e l' approdo di S. Germain.

Fu d' uopo quindi prendere per base del calcolo un convoglio di un peso determinato, e proporsi di rimorchiarlo con una data velocità. Lo studio dei registri, che si tengono mensilmente intorno al movimento dei viaggiatori ed il peso dei convogli, ha fatto pensare che i traini di 55 tonnellate rappresentino una media abbastanza elevata dei giorni ordinarii, delle domeniche e dei giorni feriali in estate. In fatti, tali rilievi danno per la estate:

Giorni della settimana		$31^{tonnel.}5$
Media delle domeniche ed altre feste		52 " 1
Settembre { mese in cui la circolazione è maggiore	giorni della settimana	36 " 8
	domeniche, ecc. . .	70 " 8

Come si vede, dietro a tale riassunto, non sono che le domeniche di settembre che oltrepassino le 55 tonnellate; ma bisogna inoltre notare che questo peso di 70 tonnellate è la somma di tutti i viaggiatori della strada fra Parigi e Saint-Germain; e che molti di quelli discesero alle stazioni prima di arrivare a Saint-Germain; di maniera che le tonnellate derivanti da questa città non ebbero tutto questo carico che alle ultime stazioni presso Parigi.

Dietro a tali considerazioni, si è giudicato sufficiente in piano il tubo che sotto l' influenza di una rarefazione misurata per 20 pollici di mercurio, vale a dire $0^m,503$ darebbe a un convoglio di 55 tonnellate una velocità di 16^m per secondo.

Ora dietro ciò che abbiamo detto, si ha in piano, per una velocità di 16^m per secondo, chiamando R lo sforzo di traimento per le tonnellate

$$R = a + b\ V^2,$$

ovvero

$$R = 4,21 + 0,0317 \times 16^2 = 4,21 + 8,1152 = 12^m,325.$$

Di maniera che ogni tonnellata richiederà una pressione contro il pistone propulsore di $12^{chil.},325$; dunque 55 tonnellate domanderanno

$$55 \times 12^{chil.},325 \times 100^{chil.}$$

sotto lo sfregamento del pistone $777^{chil.},87$.

La pressione di un' atmosfera contro un metro quadrato $= 10,330^{chil.}$
Quelle di 20 pollici ovvero 2/3 d'atmosfera contro un met. quad. $= 6887^{chil.}$

La superficie del pistone essendo x, la pressione contro il pistone dovrà essere $6887 \times x$.

E bisognerà avere

$$6887 \times x = 777,87, \text{ dal che } x = 0^{m},112,948.$$

Questa superficie corrisponde ad un diametro di $0^{m},379$, il quale essendo praticamente eguale a quello di Dalkey, fu giudicato conveniente di adottare il diametro di $0^{m},38$ che permette di spingere un convoglio di 55,8 tonnellate con la stessa velocità di 16^{m} per secondo.

Egli è del resto facile di vedere, che questo diametro permetterà di rimorchiare dei convogli superiori a 55 tonnellate in alcuni casi, ma solamente con una velocità minore di 16^{m} per secondo. Di modo che, volendosi conoscere quale velocità uniforme prenderà un convoglio di 70 tonnellate, basterà risolvere l'equazione:

$$777,87 = (4,21 \times 0,0517\ V^2)\ 70, \text{ dal che } V^2 = 217, \text{ e } V = 14^{m},74.$$

Come lo si vede, è questa una velocità che può convenire; ma non istà qui tutta la questione; bisogna inoltre che i convogli prendano una velocità abbastanza rapida perchè *la mise en train*, come dicono i Francesi, non sia di troppo lunga durata.

Diametro del grosso tubo.

Un calcolo analogo ha servito a determinare il diametro del grosso tubo destinato all'occasione della rampa che guida a Saint-Germain. Questa pendenza non ha altrimenti un' inclinazione uniforme; essa affetta sensibilmente la figura d' una parabola venendo ad allinearsi coll' orizzontale dal lato di Parigi; e terminando con una tangente di 1020^{m}, dal lato di Saint-Germain; questa tangente, nell'ultimo elemento della parabola, ha un' inclinazione di $0^{m},035$ per metro.

Fu presa, come inclinazione media generale, quella di $0^{m},025$ per metro; allora, ragionando come abbiamo fatto precedentemente, si è cercato qual fosse il diametro del tubo capace d' imprimere una velocità uniforme di 16^{m} per secondo ad un convoglio di 55 tonnellate, sopra una pendenza di $0^{m},025$.

Si ebbe quindi, come prima, per ogni tonnellata:

Per lo sfregamento	$4^{chil.}21$
Per la resistenza dell' aria	8 » 1152
Ed aggiungendo un chilogr.° per $0^{m},001$ d' inclinazione per la gravità	25 » 0000
quindi, sforzo totale di traimento per un' ora	$37^{chil.}3252$

E la sezione del tubo sarà data dall' equazione seguente, prendendo $120^{chil.}$ per lo sfregamento del pistone.

$$55 \times 37^{chil.}3 + 120^{chil.} = 6887^{chil.} \times x.$$

dal che

$$x = 0^{m.q.}3151.$$

Lo che dà per diametro corrispondente all' incirca $0^m,63$. I convogli più pesanti, non potrebbero quasi sostenere questa rapidità; ma bisogna considerare che è d'uopo che i traini diminuiscano la loro velocità arrestandosi al sito d' arrivo.

Esperienza avente per iscopo di determinare il tempo necessario alla fermata di un convoglio, col mezzo del freno.

Questa esperienza fu fatta per dimostrare il tempo di cui abbisogna un convoglio per arrestarsi, quando si serrano i freni, ma che il motore continua ad operare il traimento del treno, come accade nella strada di ferro atmosferica; con questo scopo un convoglio di 5 vetture rimorchiate da una locomotiva, seguito dal suo tender, fu slanciato con diverse velocità sopra un piano orizzontale. Quando la velocità fu riconosciuta sufficiente, ad un dato segnale si serrarono i freni, ed il tempo e lo spazio necessario furono notati colla massima cura.

Le cifre adottate come rappresentanti la media più opportuna tra i fatti osservati furono le seguenti:

Ad una velocità di 12^m per secondo, la fermata ebbe luogo in 25", dopo un viaggio di 180^m.

In queste esperienze, ogni vettura aveva un freno; il tender ne aveva anche uno, ma sol davanti, come circostanza sfavorevole alla prontezza della fermata; la potenza viva della locomotiva non esistendo punto nel sistema atmosferico.

Si può adunque assicurare che si avranno in pratica risultamenti egualmente avvantaggiosi.

Gli è sopra questi dati che il tempo del tragitto da Nanterre a Saint-Germain fu calcolato.

Discesa dal piano inclinato.

Il tempo necessario alla discesa del piano inclinato è approssimativamente lo stesso di quello della riascesa; in fatti, la gravità imprime rapidamente ai convogli una grande velocità, che bisogna mantenere a mezzo dei freni nei limiti suggeriti dalla prudenza.

Si può solamente determinare a qual grado d' inclinazione, ed in seguito, a qual punto della strada la gravità non sarà più capace di mantenere la velocità ad un limite non pericoloso, come di 16^m per esempio. Per risolvere questa questione si ha la formula:

$$R = a \times bu^2 = 4{,}21 + 0{,}0317 \times 16^2 = 12{,}325.$$

Gli è dunque indipendentemente dallo sfregamento del pistone nella discesa sopra una pendenza di $0^m\ 012325$, che il convoglio continua a correre con una velocità uniforme, vale a dire di 13 millimetri, compreso lo sfregamento del pistone. Questa pendenza comincia verso il punto sulla Senna dal lato di Parigi.

Vaggone direttore e pistone di propulsione (Tav. CXLVII e CXLVII *bis*).

Nell' interno del tubo A scorre il pistone propulsore, legato d' una maniera intima col vaggone direttore; per conseguenza, l'uno di questi due pezzi non può spostarsi senza strascinare il secondo, e quindi tutta la serie delle vetture le une dopo le altre.

Le funzioni di questi due organi, che si possono considerare fino ad un certo punto come una sostituzione delle locomotive, perchè essi servono come queste ultime di guida e d' intermediario della forza motrice, sono inseparabili. Esse possono essere a volontà moderate dai conduttori secondo i bisogni generali del

servizio o le circostanze imprevedute della locomozione, in maniera da poter rallentare o al bisogno arrestare compiutamente la marcia del treno.

Queste diverse attribuzioni, sebbene complichino il meccanismo, furono nondimeno ripartite con molta abilità, affinchè tutte le manovre tornassero facili e distinte, e non inducessero mai confusione.

Noi ci studieremo d'esaminarle in dettaglio coll' aiuto delle Tavole **CXLVII** e **CXLVII** *bis*, sopra le quali questi due apparati sono rappresentati:

La fig. 13 Tav. **CXLVII** è una sezione verticale e longitudinale di tutto il corpo del vaggone e del pistone motore, fatta secondo l' asse del tubo di propulsione sul quale quest' ultimo è in parte saldato.

La fig. 14 rappresenta una sezione trasversale di questi medesimi pezzi secondo la linea 7, 8.

In queste due figure fu soppressa compintamente la cassa della vettura, non avendo riguardo che al treno ed al meccanismo propriamente detto.

La fig. 15 è un piano veduto al di sopra di qnesto medesimo meccanismo, supponendo che in una metà della sua lunghezza sia stato levato il telajo di legno che gli serve di cerniera, per lasciar vedere le combinazioni inferiori.

La fig. 16 rappresenta il prospetto esteriore della faccia del vaggone montato sul suo carro.

La fig. 17 è un altro prospetto egualmente esterno, ad eccezione del tubo longitudinale che è troncato.

Tutte queste figure sono delineate nella scala di 1/30 del vero.

Del pistone propulsore.

Sul davanti del convoglio, e come pezzo d'introduzione, è collocato il pistone M, che un asse di ferro *d* unisce al portagalletti N. La sua costruzione è assai semplice, e nulla presenta di particolare tranne l' applicazione molto opportuna della valvola detta la Cornovailles. Questa valvola si muove liberamente sopra il suo appoggio *e'* formato di un pezzo circolare di bronzo a nervature *f'*, unendosi col tubo forato *g'* che inviluppa tutto il fusto del pistone. Fuso esso medesimo con quattro forti nervature *h'*, la valvola O può manovrarsi dall'interno del vaggone P (fig. 16, 17, Tav. **CXLVII** *bis*) col mezzo dei regoli *i* e *j'*, lasciando entrare una certa quantità d'aria nella parte vuotata del tubo, senza domandare al meccanismo un gran dispendio di forza, poichè, come abbiamo veduto, non è questa che una superficie anellare di poca larghezza che riceve la pressione dall'aria contenuta nella parte opposta del tubo.

Il corpo del pistone è composto di due dischi di bronzo Q, sopra i quali è avviluppato un largo foglio di latta *k'*, formante un diametro più piccolo del tubo ch' esso non deve mai toccare. Immediatamente contro questi due dischi sono applicati i due pezzi di cuoio imbottito *l'* che devono impedire il reingresso dell' aria per il pistone e sopperire alle asperità del tubo A non levigato nell' interno. Detti cuoi, opportunamente unti, si applicano nello stesso tempo da un lato sopra il medesimo anello dell'appoggio *e'*, e dall'altro contro il cappello *m'*; poscia tutti questi pezzi differenti, fortemente inchiavardati, non formano più che un solo tutto rigido, che costituisce il pistone, adoperato nelle prime esperienze dell'attuazione. Nella previsione di un servizio coi due tubi di diametro differente, era stato progettato l' uso di un pistone a diametro variabile per non trovarsi astretti a dover mutarlo durante il viaggio da Nauterre a Saint-Germain. Questo pistone, che non fu però

applicato, fondavasi sull' idea di adoperare come guernitura un cuoio sostenuto da due regoli, di cui l'inferiore fosse molto più lungo del primo, al fine di abbracciare una maggior parte della superficie flessibile, che, in caso di un cambiamento di diametro, estenderebbesi a volontà, per seguire tutte le ineguaglianze del tubo.

Del porta-galletti e del fusto di connessione.

Per aprire graduatamente la valvola longitudinale prima del passaggio del fusto di connessione, fu disposto nell' interno del tubo, e contro il pistone col quale esso si unisce, un telaio o porta-galletti di ferro N, guernito di cinque dischi S, e di due piatti n', di dimensioni diverse, i quali servono, il primo a sollevar la valvola, ed il secondo a scostarla per governare lo sfregamento dei galletti. Egli è contro una delle bande dei porta-galletti che trovasi infisso il fusto di connessione T, formato semplicemente di una forte lama di latta solidaria con la parte del vaggone contrassegnata nella Tavola dalla lettera U, e che chiameremo *carro mobile*. Si può osservare che il pistone muovesi a molta distanza dalla piastra di connessione: questa distanza fu giudicata necessaria per impedire il reingresso dell' aria che sarebbe considerevole se l' apertura della valvola seguisse giustamente in una parte vuotata.

Egli era molto importante, affinchè i galletti S prestassero un utile servizio, e perchè l' attrito dei loro cardini non inducesse troppa perdita di forza, di poterli centrare ed ungere facilmente; ed è appunto ciò che ha fatto adottare la disposizione della cassetta che trovasi rappresentata nella scala di 1/15 nella figura 12. È facile di osservare in questa figura che ogni galletto è fabbricato con un asse allungato o' girante nei collari p', e immitente in granelli d' acciaio riferiti a cadauna delle loro estremità. L' olio è indotto regolarmente da uno stoppino di canapa immerso in un serbatoio superiore, e la centrazione si effettua direttamente a mezzo di viti di pressione che agiscono sopra i granelli d' acciaio. Questo meccanismo non ha altro inconveniente che di logorarsi prontamente, e di abbisognare quindi in seguito di riparazioni frequenti.

Si vede dunque da quanto abbiamo detto, che i pezzi interni del tubo sono il pistone, il fusto di connessione ed il porta-galletti. All' estremità opposta del pistone è un cilindro di ghisa V destinato ad equilibrare il peso, e che si aggiusta alternativamente sull' uno, o sull' altro degli assi d' q', secondo che il pistone è destinato a muoversi in un senso o nell'altro. Questa disposizione, che è quella che fu adottata da principio, imponeva di smontare i pezzi mano a mano, e di cangiarli di posto ad ogni viaggio; essa obbligava inoltre ad una manovra particolare del vaggone direttore, ed era in tutti i casi troppo incomoda e troppo lunga per poter essere conservata. Le fu quindi sostituito il pistone a dischi mobili reppresentato dalla figura 18 Tavola CXLVII *bis.*, che descriveremo dopo l'esame della prima disposizione, per farne ben comprendere le mutazioni ed i miglioramenti.

Per poter conoscere ad ogn' istante la pressione dell' aria nel tubo propulsore, fu applicato nell' interno del vaggone P un manometro ordinario comunicante colle parte vuotata per mezzo dei tubi r' che attraversano il pistone M.

Del vaggone propriamente detto, e del suo carro mobile.

Questo vaggone, che è sempre collocato alla testa del convoglio, è disposto

per ricevere solamente i conduttori del treno, gl' ingegneri e gl' ispettori della linea; esso è diviso a quest' uopo in tre scompartimenti P e Y, i cui due ultimi Y dando ricetto ai meccanici, sono muniti cadauno del manometro di cui abbiamo parlato, e quello di mezzo P, è fornito soltanto di tavoli e banchette. La parte superiore Z copre i tre scompartimenti a fine di guarentire i conduttori dalle intemperie, e la parte inferiore A' riposa sopra il telaio orizzontale (fig. 13, 14, 15) comprendendo tutto il meccanismo.

Di questo modo la cassa forma una parte distinta, intieramente libera dagli organi motori, e del tutto indipendente dalla forza elastica delle carrozze. Essa è munita alla sua base da una specie di guarda-corpo B' legato colle quattro colonnette s' che sostengono il coperto, e guarentisce i conduttori da qualunque accidente o caduta.

Il treno del vaggone è disposto in modo da poter:

1.° Sbragare o imbragare il pistone a volontà.

2.° Moderare la velocità delle ruote, a mezzo di un freno potente ed energico.

3.° Finalmente manovrare il galletto di chiusura della valvola longitudinale.

La prima di queste operazioni ha importato l' uso di un carro mobile U solidario col fusto di connessione T, col telaio di legno foderato di latta C' ricevente tutti i punti d' appoggio dei pezzi mobili. Questo carro può staccarsi molto facilmente e restar sulla via, pei bisogni particolari del servizio, per esempio, per girare il pistone nel momento della discesa, per mutarlo quando il tubo aumenta o diminuisce di diametro, per condurre nella rimessa il convoglio, ecc.

Attualmente non si fa quest'operazione che alla stazione di Vèsinet, ove ha luogo il cambiamento nel modo di propulsione sulla via ferrata. Si è obbligati, come abbiamo detto, di lasciare il pistone nel tubo e di rimorchiare il vaggone direttore a mezzo di verricelli e di corde fino alla testa del convoglio che sale, poi di operare il congiungimento delle vetture che superano allora la pendenza per la impulsione dell' aria atmosferica.

Questa manovra ha luogo d' una maniera assai semplice, perchè non si ha che ad agire sulla leva D' (fig. 13 e 17) che fa muovere ad un tempo le came a scanalature eccentriche t', gli assi u' che le portano, e le leve di trasmissione v' x' che corrispondono al secondo pistone. In questo movimento, i fusti ad arpioni y impiegati nelle scanalature e stabiliti sul telaio fisso C', hanno descritto alle loro estremità degli archi di circolo giustamente eguali allo spessore dei correnti del carro, e lo hanno liberato da qualunque vincolo di sospensione, a fine di permettergli di restar sulla strada e di abbandonare intieramente il vaggone direttore. Queste due parti del treno non scorrendo più sopra uno stesso piano orizzontale, hanno importato l' addizione di una via supplementare composta di raili incavati z (fig. 5 e 6) sopra i quali vanno a riposarsi le piccole ruote E' del carro U, le quali montate sull' asse y^2, sono disposte in modo da impedire qualunque movimento del lacciuolo: lo che è indispensabile per l' opera dell' insieme che domanda la più gran precisione.

Ora questa strada è stabilita sopra un terreno notabilmente più inclinato della via ordinaria, affinchè nel momento di un nuovo viaggio si possa, quando i due carri sono applicati l' uno contro l' altro, far manovrare le came eccentriche t', e rimettere le cose nel loro stato primitivo, vale a dire stabilire la solidarietà fra il pistone ed il vaggone direttore.

Questa operazione doveva aver luogo all' arrivo a Saint-Germain con l'uso del pistone rappresentato nella Tav. CXLVII

ma dopo la sostituzione di quello rappresentato dalla fig. 18 Tav. CXLVII *bis* essa non è più utile che alla stazione di Vesinet, quando si abbandona la via atmosferica per l'antico sistema, e reciprocamente.

Il nuovo pistone è semplicemente composto di un fusto a forchetta F′ saldato colla chiavarda a^2, e coi perni b^2 che servono di assi ai dischi G′. Questo fusto si prolunga per unirsi col porta-galletti, e riceve col governo ordinario *r* dei manometri la leva H′ che serve a far altalena dei dischi intorno al loro centro come cerniera, in modo da prendere una posizione obbliqua nella discesa del vaggone; la quale posizione permette di non girare altrimenti il pistone e di risparmiare frattanto le guerniture di cuoio che passano senza toccare e senza arruffarsi.

Tale disposizione ha permesso di semplificare tutto l'insieme che si compone del fusto F′ e dei due dischi precitati G′, formati di un bacinetto di ghisa, sui labbri del quale riposano le guerniture imbottite C². Un altro disco interno d^2 formato dall'insieme delle lastre di latta, viene ad applicarsi sul lato opposto dei cuoi, ed a serrarli fortemente col fusto forato e^2.

Vediamo frattanto mercè a quali mezzi si è pervenuti ad ottenere facilmente la posizione di obbliquità.

La leva H′ forma il seguito di una lunga asta che si manovra dalla piattaforma del vaggone, e come la sua estremità inferiore porta il fusto f^2 fermato con una caviglia ad uno sporto interno del primo disco, ne segue che il movimento impresso al primo di questi pezzi si riproduce sul primo piatto, e per conseguenza sul secondo per via delle bielle J′. Si ebbe cura di tenere il condotto del manometro un poco lungo affinchè non succedesse nè rottura nè allungamento nel momento dell' operazione. Questo condotto è d' altronde di un tessuto flessibile, impermeabile all'aria ed all' acqua, ed è unito solidamente colle cassette di bronzo g^2.

Ma torniamo al vaggone direttore ed esaminiamo la disposizione del suo freno quadruplo. — I zoccoli J′ di quest' ultimo agiscono ad un tempo sul quarto di sei ruote K′, e vi determinano un attrito enorme capace di moderare ed anche di arrestare quasi istantaneamente la marcia di tutto il convoglio. Per rendere la loro manovra spontanea, si ebbe l'idea di governare gli zoccoli a due a due a mezzo di alberi orizzontali h^2 aventi i loro guancialetti j^2 inchiavardati sui correnti j^2 ed armati di forti pezzi eccentrici L′, ch' esercitano similmente la loro azione simultanea sopra cadaun paio di zoccoli di cui si compone il sistema del freno. Si mettono questi ultimi pezzi in movimento mediante una combinazione di regoli e di leve di cui si può conoscere il movimento nella fig. 16, Tav. CXLVII. Così, alla portata del conduttore, è collocato il manico K², montato sull'asse verticale M′, avente la sua parte inferiore forata per impegnarsi nella scanalatura l^2, la quale comunica, per mezzo della squadra N′, col regolo orizzontale m^2 ed il braccio n^2 che signoreggia gli alberi orizzontali; di maniera che facendosi girare la manivella, si fa muovere tutto il sistema, e si ottiene una pressione tanto più forte in quanto le eccentriche agiscono di certo modo come altrettanti cunei sopra gli zoccoli J′.

Alla coda del vaggone è obbligata, a mezzo del sopporto O² e della forchetta p^2, la rotella O′ che deve premere costantemente sulla superficie longitudinale della chiusura, e farla aderire di nuovo, dopo che il fusto di connessione l' ha sollevata o spostata col suo passaggio.

Tali sono le particolarità del vaggone direttore che siamo venuti esaminando. Aggiugeremo, per concludere, che tutte queste parti sono consolidate da piatta-

bande q^1 di lamierino disposte od obbliquamente o perpendicolarmente all' asse della strada, e del telaio superiore Q' che porta le molle R' dei tamponi S'. — Le molle T' del vaggone stesso sono disposte all'esterno contro alle piastre di guardia U', e legate da una parte cogli anelli r^1, dall' altra coi tiranti S^1. Così nei vaggoni pei viaggiatori sul marciapiede V', come per tutta la lunghezza del veicolo e delle locomotive, alcuni caccia-pietre t^1 sbarazzano la via da'corpi stranieri. Lunghi e forti regoli X di ferro battuto in una ai ganci n^1 affibbiati al punto culminante del doppio telaio C', stabiliscono il legame fra le vetture ed il vaggone direttore, dall' uno e dall' altro capo.

Delle trombe o pompe pneumatiche.

Le macchine pneumatiche adoperate pel tronco di strada di Saint-Germain, non differiscono dalle solite precedentemente descritte nel Dizionario, tranne che nelle dimensioni più vaste; laonde, per non ripeterci, rimandiamo il lettore a quegli articoli speciali e facciamo punto; ritenendo di avere, per quanto lo comportavano i nostri mezzi, esaurito l'argomento.

Conclusione.

Non sapremmo come meglio concludere la nostra relazione sulle strade atmosferiche che con le stesse osservazioni dal celebre ingegnere Stephenson dirette in proposito ad una Commissione speciale della Camera dei Comuni in Inghilterra, mentre esse coincidono perfettamente colle nostre idee rispetto a questo nuovo metodo di locomozione.

1.° Il sistema atmosferico (egli dice) non presenta un *modo economico* di trasmissione della forza, ed è inferiore, sotto a questo rispetto, tanto al sistema delle macchine locomotive, che a quello delle macchine fisse, od al rimorchio colle corde.

2.° Questo sistema non è atto, sotto il rapporto pratico, ad acquistare e mantenere maggiori velocità di quelle raggiunte coll' opera attuale delle macchine locomotive.

3.° Esso non presenta, nella maggior parte dei casi, nessuna economia nella costruzione primitiva delle strade-ferrate, ed in molti altri ne aumenta anzi considerevolmente le spese.

4.° Sopra alcune strade di breve lunghezza, dove un movimento significante domanda dei convogli di un peso moderato, ma circolanti con molta velocità e molteplici partenze; così pure laddove le anomalie del terreno sono tali da opporsi alla costruzione delle rampe che occorrono alle macchine locomotive, il sistema atmosferico potrebbe meritare la preferenza.

5.° Sopra le linee assai corte delle strade-ferrate di 7 ad 8 chilometri, per esempio, in vicinanza di grandi città, dove bisognerebbe stabilire frequenti e rapide comunicazioni fra le sole stazioni estreme, il sistema atmosferico può del pari essere applicato avvantaggiosamente.

6.° Sulle linee corte però, dove il traffico si fa principalmente nelle stazioni intermedie, e che domandano frequenti fermate, il sistema atmosferico è inapplicabile, ed è inferiore a quello per cui si staccano i vaggoni da una corda onde effettuare il servizio delle stazioni suddette.

7.° Sulle linee prolungate, le condizioni di un traffico o roteggio considerevole non potrebbero essere soddisfatte da un sistema così inflessibile come il sistema atmosferico, nel quale il lavoro effettivo dell'insieme dipende dal lavoro perfetto di cadauna parte separata del meccanismo.

(F. F. — C. W. comp.)

FINE DEL VOLUME TRENTESIMO OTTAVO.